



सत्यमेव जयते

INDIAN AGRICULTURAL
RESEARCH INSTITUTE, NEW DELHI

I.A.R.I. 6.

MP NLK—H 3 I.A.R.I.—10-3-55—15.000

Band 31 Heft 1

März 1949

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR
ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON

K. ESCHERICH

Dr. med. et phil., Dr. Dr. h. c., o. ö. Professor em. an der Universität München

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Inhalt

Originalaufsätze

Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne. Von Dr. SOPHIA ROEGNER-AUST. Mit 5 Abbildungen	3
Biologie und Bekämpfung der Kaffeeminiermotten Ostafrikas unter Berücksichtigung des Klimas. Von Dr. H. G. FIEDLER. Mit 8 Abbildungen	38
Erfahrungen mit neuartigen Insektiziden im Ausland. Von H. BLUNCK	77
Methoden der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit im fabrikneuen und im Gebrauchszustand. Von Prof. Dr. KARL GÖSSWALD. Mit 20 Abbildungen	99
Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven. Von GÜNTHER BECKER. Mit 8 Abbildungen	135

Verschiedenes

Prof. Dr. ENOCH ZANDER 75 Jahre. Von K. ESCHERICH	175
---	-----

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. ESCHERICH, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt je Bogen 32.—DM., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Der von Abbildungen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen werden nicht honoriert. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 20 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band zu 4 Heften im Gesamtumfang von etwa 40 Bogen. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Abonnementspreis dieses Heftes 19,60 M.

Einzelpreis 20,60 M.

Die Wissenschaft ist die beste Saat für die Wirtschaft

Unter diesem Grundsatz wird die Wiederaufnahme und Fortsetzung unserer Zeitschrift stehen, die ihren alten guten Ruf wieder zu gewinnen suchen wird.

Was wirklich von wissenschaftlichem Geist auf unserem Gebiet gezeugt ist, wird irgendwie und zu irgendeiner Zeit seine Wirkung auf die Wirtschaft ausüben, mag es in der Gegenwart auch noch so fern von ihr zu liegen scheinen.

In dieser Überzeugung übergeben wir den XXXI. Band der Öffentlichkeit.

Der Herausgeber
Dr. K. ESCHERICH

Der Verlag

Im Dezember 1948

Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne¹⁾

Von

Dr. SOPHIA ROEGNER-AUST (München)

Mit 5 Abbildungen

Einleitung

Über die Polyederkrankheiten der Insekten liegt eine Fülle von Untersuchungsmaterial vor, da die Erkenntnis dieser Seuche von Forstwirtschaft und Seidenbau gleichermaßen angestrebt wurde. War doch die Polyederkrankheit im Walde oftmals die einzige Rettung für weite Gebiete, die durch eine starke Übervermehrung der Nonne mit Licht- und Kahlfraß bedroht waren, dagegen im Seidenbau einer der schlimmsten Feinde, der durch den vorzeitigen Tod vieler Raupen eine Verminderung der wertvollen Kokonausbeute herbeiführte. Erfordernisse der Praxis gaben somit den Anstoß zu Untersuchungen über die Polyedrosen und konnten im Laufe der Zeit auf vielen Teilgebieten zu endgültigen Ergebnissen führen. So weiß man heute mit Bestimmtheit, daß es sich bei der Polyederkrankheit um eine Infektionskrankheit handelt, die mit den stets dabei auftretenden Polyedern in einem ursächlichen Zusammenhang steht. Auch über die Bildung der Polyeder in den Zellkernen konnte endgültig Klarheit gewonnen werden, vor allem durch die eingehenden Untersuchungen von LETJE (1939) und HEIDENREICH (1940), die von BERGOLD (1943) und JANISCH und ROEGNER-AUST (Manuskript) bestätigt werden konnten. Daneben aber gab es Fragen, die trotz der letzten großen Arbeit von BERGOLD (1943), die während der Zeit meiner Tätigkeit (1942—1945) auf diesem Gebiete erschien, noch immer nicht als geklärt betrachtet werden konnten, und das waren die Fragen über die Natur des Erregers und die Art und Weise seiner Übertragung.

Auf beiden Gebieten gingen die Meinungen der Forscher grundlegend auseinander. Hinsichtlich der Natur des Erregers wurden ursprünglich Bakterien als Krankheitsursache angesehen (HOFMANN 1891, v. TUBEUF 1892, KRASSILSHTSHIK 1896, ECKSTEIN 1910, GLASER und CHAPMAN bis 1912) oder auch der Polyeder selber als Erreger betrachtet

¹⁾ Vorliegende Untersuchungen wurden an der Biologischen Reichs-, jetzt Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem und Ausweichstelle Eisgrub (C. S. R.), in den Jahren 1942—1945 in der ehemaligen Dienststelle für Forstliche Zoologie (Leitung: Oberreg.-Rat Dr. ERNST JANISCH) durchgeführt und sind in den „Naturwissenschaften“ 34, 1947, zum Teil bereits in kurzer Form veröffentlicht worden.

(BOLLE 1898), bzw. als Träger des Erregers (ESCHERICH und MIYAJIMA 1911). Seit den Filtrationsversuchen v. PROVAZEK (1907) gewann jedoch mehr und mehr die Überzeugung Raum, daß der eigentliche Erreger filtrierbar sein müsse. v. PROVAZEK selber glaubte, ihn in kokkenartigen behöften Gebilden gefunden zu haben, die er als Chlamydozoen bezeichnete. BÖHM (1910), KNOCHE (1912), KOMAREK und BREINDL (1924) schlossen sich dieser Auffassung an, ebenso WOLFF (1910), der allerdings einen seuchenhaften Ausbruch der Polyedrie nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von Streptokokken für möglich hielt. GLASER und CHAPMAN (nach 1912), PAILLOT (1928) und ACQUA (1937) betrachteten winzig kleine, im Dunkelfeld schwach leuchtende, unbehöfte Körnchen als Erreger, die durch großporige Porzellanfilter hindurchgehen, von kleinporigen aber zurückgehalten werden sollten. PAILLOT und GRATIA (1938, 1939) und GRATIA und PAILLOT (1939) konnten diese kleinen Körnchen durch Filtrations- und Ultrazentrifugenversuche isolieren und ihre Pathogenität für die Polyederkrankheit durch Infektionsversuche und serologische Feststellungen nachweisen. Diese Körnchen waren auch von KNOCHE (1912), KOMAREK und BREINDL (1924) und von PRELL (1925) in den Polyedern als Einschlußkörperchen gesehen worden. LETJE (1939) versuchte, eine Synthese beider Meinungen herzustellen, indem er die Chlamydozoen als die mikroskopische, die kleinen Körnchen als die ultramikroskopische Phase im Entwicklungszyklus ein und desselben Erregers betrachtete. Während der Erreger von den bisher aufgeführten Autoren (außer ACQUA) als Organismus und der Polyeder meist als Reaktionsprodukt der befallenen Zellkerne angesehen wurde, lehnten ACQUA (1937) und HEIDENREICH (1940) die Organismennatur des Erregers ab und nahmen eine autochthone Entstehung der Krankheit an, für die die Häutung der Raupen besonders begünstigte Stadien darstellen sollte. Eine völlig neue Auffassung vertrat BERGOLD (1943), der den Polyeder als einheitliches Kristallisationsprodukt eines niedermolekularen Virus mit einem Molekulargewicht von nur 180 000—300 000 und einem Moleküldurchmesser von 8—9 μ betrachtete. Damit wäre es aber in den Vordergrund auch des allgemeinwissenschaftlichen Interesses getreten, weil einem solchen niedermolekularen Virus im Rahmen der gesamten Virusforschung eine grundsätzliche Bedeutung als Übergang zur Genwirkung zuzukommen schien. Die in den Polyedern bei geeigneten Färbemethoden sichtbaren und bei Auflösung des Polyeders freierwerdenden Körnchen sah BERGOLD (1943) als Aggregate dieses niedermolekularen Virus an. JANISCH und ROEGNER-AUST (Manuskript) konnten jedoch durch sorgfältige Infektionsversuche nachweisen, daß das nach der Methode von BERGOLD gewonnene Polyederprotein nicht infektiös ist und die Masse der Grundsubstanz des Polyeders darstellt, die nach Untersuchungen bei Phasenkontrastbeleuchtung (Zeiß, nach ZERNIKE) in den befallenen Kernen sukzessive auskristallisiert und dabei die eigentlichen Erreger einschließt. Diese müssen ihrer Natur nach den hochmolekularen Viren zugerechnet werden, welche als Elementarkörper

oder als Aggregate im Polyeder sichtbar sind und sich durch ihre Färbbarkeit, nach ihrer Lagerung bei der Entstehung der Polyeder und nach ihrem Verhalten bei der Auflösung der Polyeder deutlich von der Grundsubstanz unterscheiden. Inzwischen hat auch BERGOLD selbst (1947, 1947, 1948) in überzeugenden neuen Versuchen das eigentliche infektiöse Polyedervirus als hochmolekulares Virus sicher darstellen können. Damit dürfte die Frage nach der Natur des Erregers der Polyederkrankheiten nunmehr grundsätzlich gelöst sein. Offen blieb die Frage nach dem Infektionsweg des Erregers, der für die Praxis von besonderer Bedeutung ist.

Auch diese Frage nach dem Infektionsweg des Erregers war ebenso umstritten wie die nach der Natur des Erregers. Immerhin hatten sich die Forscher ausnahmslos davon überzeugen können, daß polyedriges Blut, Gewebsaft und auch reine Polyeder hochgradig infektiös sind. Da außerdem erwiesen worden war, daß Polyeder sich im Darmsaft der Raupe auflösen (BOLLE 1898, v. PROVAZEK 1907, 1913, KOMAREK und BREINDL 1924, LETJE 1939) glaubte man, daß eine Neuinfektion gesunder Raupen im Walde oder in den Seidenraupenzuchten vornehmlich durch Aufnahme von Polyedern in den Darmkanal mit verschmutztem Futter oder beim Überkriechen verseuchter Rinde oder Bodenstreu erfolge. Eine solche Infektion von Individuum zu Individuum im Raupenstadium konnte jedoch zur Erklärung großer Massenepidemien von Nonnenraupen im Walde in keiner Weise ausreichend sein, weil das oft beobachtete schlagartige Ausbrechen der Polyederkrankheit als Seuche innerhalb kürzester Zeit Millionen von Raupen dahinraffen und den plötzlichen Zusammenbruch von Kalamitäten herbeiführen konnte, ohne daß die Krankheit vorher besonders in Erscheinung getreten wäre.

Es wurde darum nach anderen Erklärungen gesucht, und man glaubte, diese in einer Übertragung der Polyedrie von Generation zu Generation gefunden zu haben, bei der die Krankheitserreger vom Muttertier auf den Eiinhalt und damit auf die neue Generation weitergegeben werden sollten. Eine solche Keimesübertragung oder „Vererbung“ der Polyedrie, wie sie vielfach benannt wurde, ist dann auch lebhaft besprochen, aber im allgemeinen doch abgelehnt worden, und zwar anscheinend unter dem Eindruck der zweifellos bestehenden hohen Infektiosität von per os aufgenommenen Polyedern, und ferner ganz besonders durch die Tatsache, daß in Eiern und in jungen aus dem Ei herauspräparierten Räupchen — von vereinzelt Fällen abgesehen — niemals Polyeder gefunden werden konnten.

Nur ganz wenige Forscher haben sich auf Grund eigener Beobachtungen, sowie auch der Feststellungen anderer, positiv für eine „Vererbung“ ausgesprochen. Dies waren: CONTE und LEVRAT (1907), WOLFF (1910), TEODORO (1927), RUCZICKA (1927), PAILLOT (1928) und JANISCH und ROEGNER-AUST (1943). Dabei schienen viele Gründe für eine Keimesinfektion zu sprechen, die hier einmal unabhängig von der Einstellung des jeweiligen Forschers angegeben werden sollen:

1. konnten Polyeder in Puppen, Faltern und Spiegelraupen gefunden werden (WAHL 1909, 1910, PRELL 1925);
2. konnte beobachtet werden, daß sich Raupen mit geringem Polyederbefall verpuppten und Falter lieferten (v. PROVAZEK 1907, KOMAREK und BREINDL 1924, TEODORO 1927, PAILLOT 1928, LETJE 1939, BERGOLD 1943);
3. konnten ältere Bombyx-Raupen künstlich mit Polyedern infiziert und in den Faltergeweben dann Polyeder nachgewiesen werden (BOLLE 1898, LETJE 1939);
4. konnte in Quetschpräparaten von Organen des weiblichen Geschlechtsapparates und in der Spermatophore von Nonnen Polyeder gefunden werden (JANISCH 1942);
5. brachten Aufzuchten aus gleichem Eimaterial an verschiedenen Orten unabhängig voneinander die gleiche Anzahl polyedertoter Raupen (CONTE und LEVRAT 1907, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, RUCZICKA 1927);
6. hatten 3 Seidenraupenzüchter, die in mindestens 2 km voneinander entfernten Zuchtstätten Raupen aufzogen, die vom gleichen Eimaterial abstammten, an allen 3 Stellen eine enorm hohe Sterblichkeit zu verzeichnen. Eine gleichzeitig an einer dieser Stellen aufgezogene Zucht anderer Herkunft blieb dagegen gesund (PAILLOT 1928);
7. hatte bei großen Kalamitäten im Walde mehrfach festgestellt werden können, daß mit einem epidemischen Ausbrechen der Polyederseuche immer erst nach mehreren Jahren zu rechnen war (BÖHM 1910, WAHL 1911, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, KNOCH 1912, WELLENSTEIN 1942);
8. weiß man bei Seidenraupen seit 1848 (GUERIN-MÉNEVILLE und ROBERT nach PAILLOT), daß es Rassen mit verschiedener Anfälligkeit gegen Gelbsucht gibt. ACQUA (1937) hoffte sogar auf Grund dieser Tatsache, durch Kreuzung und Selektion eine Rasse zu züchten, die gänzlich resistent sein sollte.

So wurde die Frage einer Vererbbarkeit der Polyedrie von fast allen Forschern erörtert, aber dann meist aus dem einen bereits erwähnten Grunde abgelehnt: weil es — mit Ausnahme von WOLFF (1910) — nicht gelang, in Eiern oder jungen Räupchen Polyeder nachzuweisen. BOLLE (1898) hatte zu diesem Zwecke Puppen künstlich infiziert; bei den auschlüpfenden Faltern fand er zwar Polyeder in den Muskelhüllen des Eierstockes, aber die Eier selber waren völlig frei von Polyedern. WAHL (1909, 1910) fand, wie bereits gesagt, Polyeder in Puppen, Faltern und Spiegelraupen, aber niemals in Eiern. KOMAREK und BREINDL (1924) erhielten wohl Falter aus polyedrigen Raupen, doch legten diese überhaupt keine Eier ab. PRELL (1925) glaubte daher schließlich, daß eine polyederbefallene Eizelle überhaupt krank, weil kerninfiziert sei; ein kranker und durch den Parasiten so schwer geschädigter Kern könne aber niemals in der Lage sein, die komplizierten

Aufgaben der Eientwicklung zu erfüllen. Die Eizelle müsse daher zugrunde gehen. Eier, welche Raupen ergeben, seien daher gesund, d. h. nicht infiziert, denn sonst hätten sie sich ja gar nicht entwickeln können.

Eine „Vererbung“, d. h. eine Keimesübertragung, wurde also von den meisten Forschern abgelehnt. Um aber eine Erklärung zu haben für die vielen Erscheinungen, die eigentlich nur durch eine Übertragung im Ei erklärt werden konnten, glaubte bereits KNOCHE (1912), vornehmlich aber PRELL (1925), eine oberflächliche Verschmutzung der Eier mit Polyedern annehmen zu müssen, an denen sich die jungen Räupchen beim Durchfressen durch die Eischale infizierten. Diese Auffassung wurde von der Mehrzahl der Forscher aufgegriffen und ihre Richtigkeit durch Ei-Desinfektionsversuche nachzuweisen versucht. JANISCH (1936) arbeitete dabei hauptsächlich mit Kalilauge, LETJE (1939) mit Formalin und BERGOLD (1942/43) mit Trichloressigsäure. Die Versuchseier — bei JANISCH aus einer bekannt gesunden Herkunft — wurden vorher künstlich mit Polyederbrühe oder polyedrigem Blute infiziert und dann mit einem der Mittel desinfiziert. Die Aufzuchten ergaben vielfach 100 % Lebende. Für seine weiteren Versuche standen JANISCH jedoch nur Nonnenherkünfte zur Verfügung, die sehr stark natürlich infiziert waren. Dabei mußte er die Feststellung machen, daß bei Eiern derartig natürlich kranker Herkünfte Desinfektionsversuche nicht gelangen, und zwar unabhängig von dem angewandten Desinfektionsmittel. Die zwangsläufige Schlußfolgerung aus diesen Ergebnissen legte er 1942 in den Worten nieder: „Mit diesen Feststellungen stehen wir hinsichtlich der Eidesinfektion gegen Polyedrie wieder ganz am Anfang. . . . Auffällig bleibt auf jeden Fall, daß alle bisher benutzten Mittel zur Eidesinfektion bei natürlichem Befall unwirksam bleiben. Deshalb muß trotz aller gegenteiligen Meinungen doch damit gerechnet werden, daß das Polyedervirus im Ei selbst sitzen kann, möglicherweise auch die Bakterien. Dann aber wäre jede Eidesinfektion von vornherein aussichtslos“ (S. 191, 1942). BERGOLD (1943), dem bei Abfassung seiner großen Arbeit diese Veröffentlichung von JANISCH (1942) laut brieflicher Mitteilung des Verfassers noch nicht zugänglich gewesen war, sah in der Desinfektion der Eischale mit Trichloressigsäure auch weiterhin ein zuverlässiges Mittel, um polyederfreie Insektenaufzuchten zu erhalten, die dann zu Infektionsversuchen benutzt wurden. — Ausgehend von diesen beiden einander entgegenstehenden Auffassungen erschien es unerlässlich, noch einmal nachzuprüfen, ob die Eiübertragung der Polyedrie wirklich nur am Ei erfolgt, wie ich kurz sagen möchte, oder ob nicht doch eine Übertragung im Ei vorliegt.

Auf Grund einiger weniger Vorversuche im Winter 1942/43 hatten sich JANISCH und ROEGNER-AUST (1943) bereits zu der letzteren Auffassung bekennen müssen, die nunmehr mit vorliegender Arbeit ihren eigentlichen Nachweis erhalten soll. Die Frage einer Übertragung am oder im Ei ist aber neben ihrer, rein wissenschaftlichen Bedeutung vor allem von grundsätzlichen Wert für die Praxis, denn wenn die Über-

tragung der Polyedrie im Ei stattfindet, dann sind 1. die Aussichten für eine biologische Bekämpfung durch künstliche Infektion mit polyeder-verseuchtem Futter, Bodenstreu usw. sehr gering, 2. aber liegt der Gesundheitszustand bereits im Ei fest, so daß durch Raupenaufzuchten schon im Winter (JANISCH 1936) eine Frühdiagnose des Gesundheitszustandes von Populationen befallener Gebiete gestellt und prognostisch ausgewertet werden kann (siehe S. 31), und 3. ergibt sich für den praktischen Seidenbau, daß Desinfektionen der Eier nur Teilerfolge bringen können, und daß deshalb prophylaktische Maßnahmen zur Verminderung von Gelbsuchtfällen nur durch schärfere Koktauslese möglich sind, wie dies bereits von PAILLOT (1928) vorgeschlagen worden ist.

Hauptteil

Auf Grund aller bisherigen Beobachtungen und Versuchsergebnisse schien die Polyederkrankheit im wesentlichen eine Raupenkrankheit zu sein, die allerdings unter bestimmten Umständen imstande war, auf Puppe und Falter überzugehen. Entsprechend dieser Auffassung waren die Untersuchungen bisher vornehmlich auf Raupen beschränkt und nur selten auf Puppen, Falter und Eier ausgedehnt worden. Man war eben allzusehr davon überzeugt, daß eine Neuinfektion gesunder Raupen nur durch eine äußere Aufnahme von Krankheitserregern in den Darmkanal erfolge, sei es durch verseuchtes Futter oder beim Durchfressen der oberflächlich infizierten Eischale. Um jedoch den Nachweis führen zu können, ob eine Übertragung der Polyedrie im Ei vorliegt oder nicht, mußte im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen in dieser Arbeit ganz besonderer Wert auf Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern gelegt werden: denn wenn eine solche Übertragung der Polyedrie wirklich im Ei stattfindet, dann muß auch der Weg des Polyeders, bzw. des eigentlichen Krankheitserregers, durch die Imagines zu verfolgen sein.

Erstmalig im Jahre 1943 wurden daher lebende und abgestorbene Puppen unserer Prüfversuche auf ihren Befund an Polyedern untersucht. Die Prüfversuche setzten sich in der Hauptsache zusammen aus Nonnenherkünften mehrerer Thüringer Distrikte, in denen schon seit Jahren eine starke Massenvermehrung herrschte. Aus diesen Gebieten hatten wir uns Falter und Eimaterial beschafft, mit denen im Februar 1943 die ersten Prüfversuche (nach JANISCH 1933) angesetzt wurden. Leider erwies sich das Material zum größten Teil als stark verseucht, so daß die meisten Tiere bereits als Raupen starben und nur wenige Puppen übrig blieben: doch führten die Untersuchungen an diesen Puppen — lebenden wie sterbenden — zu den ersten entscheidenden Feststellungen der Übertragung der Polyedrie im Ei (JANISCH und ROEGNER-AUST 1943). Spätere systematische Untersuchungen an einem weiteren großen Material von Nonnenpuppen, sowie vergleichende Untersuchungen an Seidenspinnern, konnten diese ersten Ergebnisse bestätigen und noch wesentlich erweitern.

Schon öfters ist in der Literatur erwähnt worden, daß Polyeder zerbrechen. Bereits BOLLE (1873, 1898, nach BERGOLD) stellte fest, daß die Polyeder durch Druck charakteristische Risse erhalten und schließlich zu rosettenförmigen Gebilden zerspringen, wobei die zentralen Teile weniger zäh sind als die peripheren. Auch durch die Toxine mancher Fäulnisbakterien sollen sie segmentweise zerfallen. GLASER und CHAPMAN (1916, nach BERGOLD) konnten bei Schwammspinnerpolyedern beobachten, daß sie zerbrechen wie Eis. RUCZICKA (1927) sah zwei Polyeder (wahrscheinlich Nonnenpolyeder), die aussahen wie zerplatzende Samenkapseln. Auch KNOCHES unveröffentlichter Nachlaß läßt erkennen, daß er zerbrochene Nonnenpolyeder gesehen hat, denn seine aufgefundenen Handzeichnungen zeigen Polyeder mit den verschiedensten Brüchen. Keiner der Autoren gibt jedoch an, aus welchen Raupenstadien die Polyeder stammten, ob es sich dabei um junge oder wohlausgebildete alte Polyeder gehandelt hat. Wohl spricht BOLLE (1873, 1898) in einem anderen Zusammenhange von der „Reife“ der Polyeder, von der z. B. die Auflösungsgeschwindigkeit in Eisessig abhängen soll; und es wird unter den Autoren mehrfach erwähnt, daß Puppenpolyeder eine ganz bedeutende Größe haben (WAHL 1909, BERGOLD 1943), wie auch ich aus eigenen Beobachtungen bestätigen kann.

Die Feststellung, aus welchem Stadium zerbrechende Polyeder stammen, ist aber wichtig; denn während junge Polyeder sich kaum oder nur schwer zerdrücken lassen (Abb. 1), geht dies bei alten Polyedern ohne weiteres (Abb. 2). Es scheint fast, als ob sie tatsächlich einen bestimmten Reifezustand erreicht hätten, der sie nunmehr gegen von außen an sie herantretende Eiwirkungen weniger widerstandsfähig macht als in früheren Stadien. JANISCH und ROEGNER-AUST (Manuskript) konnten die Gründe dafür aus der Struktur und dem Aufbau des Polyeders ermitteln. Wahrscheinlich haben alle Autoren, die derartige Erscheinungen beobachtet haben, ihre Beobachtungen an alten ausgereiften Polyedern gemacht. Die BERGOLDSche Abbildung 21 (1943) läßt jedenfalls deutlich erkennen, daß nur die großen Polyeder auf Druck mit den charakteristischen Brüchen reagiert haben, während die kleineren intakt geblieben sind.



Abb. 1. Junge zerdrückte Polyeder (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

Betrachten wir nun einmal Abb. 3, dann sehen wir auch hier viele Polyeder, die mehr oder minder große Bruchstücke zeigen. Nur sind im Gegensatz zu den BERGOLDSchen Polyedern diese Bruchstücke nicht



Abb. 2. Alte zerdrückte Polyeder (Seidenraupe).
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

durch künstlichen mechanischen Druck entstanden, sondern konnten als natürliche Formen im Entwicklungszyklus der Tiere aufgefunden werden, und zwar in der Puppe. Wird nämlich lebenden Puppen, die aus befallenen Raupenherkünften hervorgegangen sind, einige Tage nach Beginn ihrer Puppenruhe Lymphe entnommen, dann können die Polyeder in

derartigen Auflösungserscheinungen vorgefunden werden, die manchmal stärker, manchmal schwächer auftreten, je nachdem, welchen Zeitpunkt der Puppenlyse man gerade angetroffen hat. Um mechanische Zerstörungen kann es sich dabei nicht handeln, weil die Frischpräparate mit Hilfe eines Pinsels und unter vorsichtigster Auflage des Deckglases hergestellt worden sind. Diese Erscheinungen müssen daher als eine natürliche Entwicklungsform des Polyeders angesehen werden, die ausschließlich an das Stadium der Puppe gebunden ist.

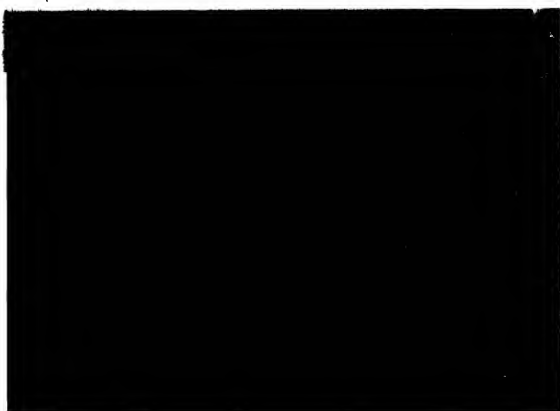


Abb. 3. Lysierte Puppenpolyeder (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

Diese erstmalig aufgefundenen natürlichen Auflösungserscheinungen der Polyeder in der Puppe konnten von ersten Reißbildungen bei Beginn der Auflösung bis zur vollständigen Zerstückelung in Restkörper ver-

folgt werden. Es ist mir jedoch nicht gelungen, einen bestimmten Tag des Auflösungsbeginnes — der wahrscheinlich in der Präpuppe, vielleicht auch schon in der Altraupe liegt — oder der Beendigung festzulegen, so daß diese Frage weiteren Untersuchungen überlassen bleiben muß. Da die Auflösung der Polyeder aber an die Puppenlyse gebunden ist, mögen diese in der Puppe auffindbaren zerbrechenden Polyeder mit dem Ausdruck „lysiert“ bezeichnet werden. Lysierte Polyeder konnten nicht nur in der Nonne, sondern auch in Bombyxpuppen gefunden werden, und zwar besonders dann, wenn sie aus befallenen Zuchten hervorgegangen sind, wie Abb. 2 bereits gezeigt hat.

Ist aber Puppenlymphe im natürlichen Entwicklungsprozeß der Tiere imstande, Polyeder aufzulösen, dann muß der gleiche Vorgang künstlich zu wiederholen sein. Es wurde darum Lymphe von frischen Nonnenpuppen, die nach mikroskopischer Prüfung keine Polyeder enthielten, in einer Deckelschale mit gereinigten Puppenpolyedern versetzt. Die Puppenpolyeder waren auf dem üblichen, von BERGOLD (1943) eingehend geschilderten Wege durch Filtrieren, Absedimentieren und Zentrifugieren aus Puppen gewonnen werden, die an Polyedrie verendet waren, und zeigten vielfach eine ganz besondere Größe. Oft fanden sich hier auch Polyeder mit Rissen und Sprüngen, die erkennen ließen, daß der Abbau bei manchen Puppen bereits eingesetzt haben mußte, ehe das Tier starb. Aber die Verseuchung war in solchen Fällen wohl doch zu weit vorgeschritten, als daß die normale Weiterentwicklung bis zum gänzlichen Zerfall der Polyeder hätte zu Ende geführt werden können. Solche Puppen sterben an Polyedrie unter denselben Verjauchungserscheinungen, wie man sie bei Raupen zu sehen gewohnt ist. Von der aus Puppenpolyedern und Puppenlymphe gemischten Flüssigkeit wurden gleichzeitig Objektträgerpräparate hergestellt, die zum Zwecke der längeren Haltbarkeit mit Wachs umrandet wurden. Täglich wurde kontrolliert. Während aber in den Deckelschalen die durch das Eichelfutter ursprünglich bläulichgrüne Lymphe bald eine schwarze Farbe annahm und Zersetzungserscheinungen zeigte, konnte unter den luftdicht abgeschlossenen Deckgläsern beobachtet werden, wie die Polyeder nach 2—5 Tagen Bruchstücke zeigten, die den Auflösungserscheinungen in der lebenden Puppe entsprachen.

Die gleichen Lysierungen waren ferner bei Injektionen mit Polyederaufschwemmungen in der Puppe selber zu erhalten. Mit Hilfe der Mikroinjektionsspritze von JANISCH (1942) wurde lebenden Nonnen- und Bombyxpuppen und -präpuppen gereinigte Puppenpolyeder injiziert. Bei diesen Versuchen wurden vor allem solche Bombyxpuppen verwandt, die aus einer seit mehreren Jahren klinisch gesunden Seidenspinnerherkunft hervorgegangen waren, die wir aus Celle erhalten hatten,¹⁾ so daß man bei den Puppen selber annehmen konnte, daß sie

¹⁾ Für die lebenswürdige Überlassung des Materials von der Reichsforschungsanstalt für Kleintierzucht sei insbesondere Herrn Prof. KOCH auch an dieser Stelle noch einmal auf das herzlichste gedankt.

wenig oder gar keine Polyeder enthielten. Wenn die Puppen 2—5 Tage nach der Injektion geöffnet wurden, dann zeigten auch hier die injizierten Polyeder typische Brüche und Zerfallerscheinungen bis zur Auflösung in kleine Restkörper, die noch im Zusammenhang verblieben waren (Abb. 4 a). Die meisten Puppen gingen allerdings an dieser Operation zugrunde, aber sie lebten doch wenigstens so lange, daß die Polyederlysierungen mit Sicherheit erkannt werden konnten.

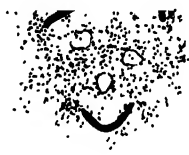


Abb. 4

a
Zerfall der Polyeder in Teilstücke (Seidenraupe)
Halbschematische Zeichnung

b
Herausströten der Elementarkörperchen aus einem
lysierten Polyeder (Nonne). Halbschematische
Zeichnung

Mit der Tatsache, daß die von der Raupe her übernommenen Polyeder während der Puppenlyse zerstört werden, sind Schlußfolgerungen von besonderer Bedeutung verknüpft. Denn damit gibt es im Leben der Nonne und des Seidenspinners nicht nur einen, sondern zwei Orte und Zeiten, wo die sonst so widerstandsfähigen Polyeder abgebaut werden können: 1. Im Magen/Darm der Raupen, wo die Polyeder unter der Einwirkung des Magensaftes aufgelöst werden (BOLLE 1898, 1908, v. PROVAZEK 1907, 1913, LETJE 1939) und 2. während der allgemeinen Puppenlyse unter Einwirkung der Puppenlymphe und wahrscheinlich ihrer Fermente, wie die jetzt durchgeführten Untersuchungen an Nonnen- und Bombyxpuppen erstmalig gezeigt haben. Beide Vorgänge sind einander so ähnlich, daß ihr Vergleich naheliegend ist. Durch die im Magen/Darm erfolgende Auflösung der Polyeder werden die in ihnen enthaltenen kleinen eigentlichen Krankheitserreger, die Elementarkörperchen, frei und können nunmehr in die übrigen Organe des Wirtstieres eindringen; bei der Auflösung der Polyeder in der Lymphe der Puppe werden ebenfalls die enthaltenen Erreger frei und können nunmehr wahrscheinlich ungehindert in die Falterorgane und von dort in die Eier eindringen. Diese Schlußfolgerung, die aus den nachfolgenden Untersuchungen an Faltern und Eiern belegt und ergänzt wird, löst aber das Rätsel um die Übertragung des Erregers der Polyedrie von Generation zu Generation: denn es werden nicht die großen Polyeder übertragen, die nicht imstande wären, in die feinen Organe des Falters, geschweige denn in die Eier, einzudringen, sondern es werden lediglich die in den Polyedern eingekapselten weit kleineren eigentlichen Erreger der nächsten Generation mitgegeben, wie es ähnlich bei den Zikaden der Fall ist, wo z. B. für die Übertragung von langen Stäbchenbakterien

spezifische gedrungene Übertragungsformen (Infektionsformen) gebildet werden, die ohne weiteres in die Eier einzudringen vermögen (BUCHNER 1930). Der gleiche Vorgang konnte für die Bazillen der Nonne festgestellt werden, wie später ausgeführt werden wird. Auch bei Blattläusen, Schildläusen, Psylliden entstehen solche Formen speziell für die Eiübertragung. Die polyederbehafteten Spinner stellen mithin keinen Einzelfall im Tierreich dar, wo zugunsten der Eiinfektion auf die kleinstmögliche Form des Erregers zurückgegriffen wird. In neuerer Zeit konnte durch Untersuchungen von EMMEL (1943, nach MÜLHENS, K., Dtsch. med. Wochenschrift 71, 1946) nachgewiesen werden, daß auch bei der Stubenfliege pathogene Bakterien im Ei übertragen werden.

Damit ist der Weg des Erregers durch die Puppe klar geworden und kann auch färberisch belegt werden, indem die freiwerdenden Elementarkörperchen auf Ausstrichpräparaten von Puppenlymphe mit zerplatzenden Polyedern in den ersten Auflösungsstadien durch zwei-stündige Viktoriablaufärbung und durch Giemsaefärbung schwach, aber deutlich als kleinste meist längliche Gebilde sichtbar gemacht und auch im Elektronenmikroskop nachgewiesen werden können (JANISCH und ROEGNER-AUST 1943)¹⁾. Sie liegen in großer Anzahl strahlenförmig um den Polyeder herum, ja, manchmal kann man direkt sehen, wie sie aus einer Bruchstelle in großer Menge herausgequollen sind (Abl. 4 b), und dürften mit dem von BERGOLD (1947, 1947, 1948) inzwischen einwandfrei erwiesenen hochmolekularen Polyedervirus identisch sein.

In diesem Stadium der ersten Auflösung gelingt eine färberische Darstellung durchaus. Da die Körnchen sich dann aber im allgemeinen Gewebesaft verteilen, ist ihr färberischer Nachweis zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich. Daran liegt es auch, daß das Faltergewebe wenig positive Anhaltspunkte für den sicheren Nachweis ihrer Anwesenheit in den einzelnen Organen bieten kann. Trotzdem wurde jedes Falterorgan in Frischpräparaten und nach Viktoriablaufärbung (10 Minuten bis zu 2 Stunden) untersucht. Wohl konnten in den Ovarialenzellen ähnliche Körnchen aufgefunden werden, wie sie aus den Puppenpräparaten nun bekannt geworden sind, aber es war keineswegs mit Sicherheit zu entscheiden, ob es sich dabei um die gleichen Elementarkörperchen gehandelt hat, wie in der Puppe. Wohl aber konnten Restkörperchen von zerbrochenen Polyedern im Fettgewebe des Falters nachgewiesen werden. Ist es aber diesen verhältnismäßig großen Polyederbruchstücken möglich, aus der Puppe in den Falter überzutreten, dann dürften demnach für die sehr viel kleineren Erreger keine Schwierigkeiten bestehen. Doch wird ein sichtbarlich zu führender Nachweis vom Übergang der winzigen Erreger aus der Puppe in den Falter hier

¹⁾ Leider sind die elektronenmikroskopischen Aufnahmen durch die letzten Kriegeereignisse verloren gegangen. Herr Prof. ZWÖLFER vom Institut für angewandte Zoologie, München, wird jedoch so liebenswürdig sein und mir zu neuem Puppenmaterial verhelfen, so daß ich hoffe, in absehbarer Zeit die entsprechenden Aufnahmen nachträglich bringen zu können.

wohl ebenso wenig entscheidend zu führen sein, wie es bei ihrem Übertritt durch die Magen-/Darmwand möglich ist, wozu BERGOLD noch als letzter sagt: „Über den Durchtritt durch die Zellwand (= Darmzellen), das Zellplasma und die Kernmembran wissen wir nichts“ (1943, S. 35). Trotzdem sind alle Forscher davon überzeugt, daß die im Magen/Darm durch die Auflösung der Polyeder freigewordenen Erreger imstande sind, die Darmwand zu passieren, auch wenn es bis heute keinem einzigen von ihnen gelungen ist, das „Wie“ dieses Übertrittes erklären zu können. Selbst BERGOLD (1943, S. 28) nimmt für die von ihm angenommene äußere Eischaleninfektion ohne weiteres an, daß eine gewisse Menge Virus durch das Puppenstadium hindurch in die Imagines gelangen muß, um dann die Eizellen äußerlich zu infizieren; aber über die Art und Weise dieser Übertragung macht auch er keine Angaben.

Mag der Falter mithin wenig sichere Anhaltspunkte für die Eiübertragung der Polyedrie bieten, so sind deren aber wieder um so mehr in den Eiern selbst zu finden. Für diese Untersuchungen standen Eier von Laboratoriumszuchten und Freilandfaltern hauptsächlich der erwähnten Thüringer, aber auch anderer Herkunft, in sehr großer Anzahl zur Verfügung, doch kamen nur solche Eier zur Untersuchung, die unter möglichst sterilen Bedingungen abgelegt worden waren, damit jede äußere Infektion der Eischale so gut es ging vermieden wurde. Bei unseren Laboratoriumszuchten wurden darum alle frisch gebildeten Puppen in neue sterile Wasserschalen umgesetzt, deren aufliegende Kristallierschalen mit einer doppelten Schicht von Drahtgaze ausgekleidet worden waren (JANISCH 1933). Zwischen Drahtgaze und Gefäßwand konnten die ausschlüpfenden Falter ihre Eier ablegen, die später sorgfältig von hier abgesammelt wurden. Für den Fang der Freilandfalter standen Fanggefäße nach demselben Muster aus Papp- oder Blechzylindern zur Verfügung, die ebenfalls mit Drahtgaze ausgekleidet und vor ihrer endgültigen Verwendung sterilisiert worden waren. Auch hier legten die hineingesammelten Falter ihre Eier hinter die Drahtschicht ab, die auf diese Weise vor einer äußeren Verschmutzung bewahrt blieben. Im Gegensatz zu der beobachteten äußeren Sterilität wurde hinsichtlich des inneren Krankheitszustandes jedoch besonderer Wert darauf gelegt, daß die zu untersuchenden Eier nur von solchen Herkünften stammten, die hochgradig polyedrig gewesen waren, gleichgültig, ob es sich dabei um Laboratoriums- oder Freilandherkünfte gehandelt hatte. Außerdem wurde der größte Teil der Eier noch mit 40prozent. Kalilauge abgewaschen, um etwa trotzdem äußerlich anhaftende Polyeder abzutöten, bzw. aufzulösen; doch hat sich diese Vorsichtsmaßregel als unnötig erwiesen, wenn die Eier unter den soeben geschilderten Bedingungen abgelegt worden sind. Nachdem diese 3 Voraussetzungen, also möglichst große äußere Sterilität, natürliche innerer Versuchung und Eischalendesinfektion mit Kalilauge erfüllt worden waren, konnte mit der Präparation und mikroskopischen Untersuchung begonnen werden.

Die Eier wurden unter dem Binokular mit 2 ausgeglühten Nadeln auseinandergezupft, das darin befindliche junge Räupchen herausgeholt und auf einem Objektträger mit einem Glasstab zerquetscht. Die mikroskopische Prüfung geschah hauptsächlich im Hellfeld und wurde in strittigen Fällen durch Dunkelfeld und die neue Phasenkontrastbeleuchtung von Zeiß (nach ZERNIKE), die mir bei vorliegenden Untersuchungen ganz unschätzbare Dienste erwiesen hat, ergänzt. Die Versuchsergebnisse sind auf Tabelle 1 in den Serien 2—4 zusammengestellt.

Tabelle 1

Untersuchung von Räupchen, die aus dem Ei herauspräpariert wurden

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund und B +	B + + bis B + + + +	Polyeder sicher	Polyeder wahrscheinlich
		n/ n	o/ o	o/ o	o/ o
1. Räupchen aus Versuch 55/1944. Frische Sommer-eier, vorher nicht desinfiziert.	27	85,2	14,8	befallene Blutzellen mit leuchtender Ringzone und Polyederanfängen in den Kernen	
2. Räupchen aus den Versuchen 27/1, 27/7., 28/1., 28/4./1943. Eier 1 Jahr im Kühlschrank überlagert und dort abgestorben, vorher mit KOH 2 % 2 Min. desinfiziert.	43	51,2	44,2	0	4,65 (= 2 Stck.)
3. Räupchen aus Versuch 109/1944. Alte, d. h. an-gesetzte, aber nicht ge-schlüpfte Eier, vorher nicht desinfiziert.	60	31,7	68,3	0	0
4. Räupchen der Versuche 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108/1944. Alte, d. h. angesetzte, aber nicht geschlüpfte Eier, vorher mit KOH 2 % 2 Min. desinfiziert.	122	25,4	72,0	2,46 (= 3 Stck.)	0

Bei den Eiern, bzw. herauspräparierten Räupchen der Versuchsserie 2 handelte es sich um 1 Jahr lang im Kühlschrank überlagerte Nonneneier aus dem Thüringer Bezirk Lobenstein. Da wir inzwischen festgestellt hatten, daß langes Überlagern von Eiern deren natürlichen Gesundheitszustand schädigt (ROEGNER-AUST, im Druck), so daß beispielsweise Herbstzuchten derselben Herkunft bis zu 50 % mehr Polyedertote haben können als Frühjahrszuchten, erschienen diese überlagerten Eier, deren Räupchen inzwischen abgestorben waren, für obige Eiuntersuchungen von besonderem Wert. Bei den Eiern der Versuchsserien 3 und 4 handelte es sich um Nonneneier aus 9 verschiedenen

stark verseuchten Thüringer Distrikten und einer Grunewaldherkunft, die alle zur Aufzucht angesetzt, aber nicht geschlüpft waren. Die Eier der Serien 2 und 4 wurden vor dem Aufpräparieren mit Kalilauge 2 % desinfiziert, die Eier der Serie 3 dagegen unsterilisiert in Prüfung genommen.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Eier bestätigte in vollem Umfange das Ergebnis der früheren Autoren über das Nichtvorkommen von Polyedern in Eiern, denn von unseren insgesamt 225 einzeln untersuchten Nonneneiern zeigten im ganzen $220 = 97,8\%$ keinen einzigen Polyeder, obwohl auf das sorgfältigste danach gesucht worden war. Nur in 3 Fällen $= 1,3\%$ fanden sich einige mittelgroße, aber wohlausgebildete Polyeder und in 2 weiteren Eiern $= 0,98\%$ konnten einige stark lichtbrechende Gebilde als junge noch nicht ausgeformte Polyeder angesprochen werden. Damit steht es fest, daß im allgemeinen in den Eiern keine Polyeder vorkommen. Und dennoch ist diese Tatsache nicht — wie bislang angenommen — ein Beweis gegen die Übertragung der Polyedrie im Ei, sondern im Gegenteil einer der stärksten Beweise dafür: Denn auf Grund der Puppenuntersuchungen war ja festgestellt worden, daß nicht der viel zu große Polyeder von einer Generation auf die andere übertragen wird, sondern nur seine winzig kleinen Inhaltskörnchen; und wenn diese Feststellung stimmt, dann dürfen auch im allgemeinen keine Polyeder in den Eiern zu finden sein. Die wenigen Polyeder, die trotzdem vorkommen, werden wohl zu den seltenen Fällen gehören, wo es ausnahmsweise bereits im Ei zu einer fertigen Polyederausbildung gekommen ist. Normalerweise findet ja die Entwicklung der Polyeder zu ihrer endgültigen Form erst in der wachsenden Raupe, d. h. im wachsenden Gewebe statt, wie dies bereits von TRAGER (1935, nach BERGOLD) nachgewiesen werden konnte, der als erster Polyeder künstlich züchtete, aber nur in gut wachsendem teilungsfreudigem Gewebe. Auch BERGOLD (1943) stellte fest, daß die größte und schnellste Virusvermehrung in den sehr rasch heranwachsenden Raupen stattfindet, weil für jede Virusvermehrung wachsendes Gewebe notwendig ist. Weiterhin entnehme ich der Arbeit von BERGOLD (1943), daß STANLEY die beste Tabak-Mosaik-Virus-Ausbeute in jungen, rasch wachsenden Gewächshauspflanzen und bei der Pflanze selber in den wachsenden Triebspitzen erhielt. Auch beim jungen Räupchen wird daher die eigentliche Polyederentwicklung erst dann einsetzen, wenn es die Eischale verlassen hat. Immerhin aber zeigt das — wenn auch seltene — Vorkommen von Polyedern im Ei, daß tatsächlich eine Keimesübertragung der Polyedrie vorhanden ist, weil es bei der mit aller Sorgfalt durchgeführten Vorbehandlung der Eier, einschließlich ihrer Desinfektion mit Kalilauge, unmöglich war, daß die aufgefundenen Polyeder von außen her in die Präparate hineingeraten sein konnten. An dieser Stelle wäre nochmals zu erwähnen, daß selbst eine vorherige Desinfektion mit Kalilauge oder dergleichen nicht erforderlich erscheint, wenn die Eier unter den beschriebenen sterilen Aufzuchtbedingungen abgelegt worden

sind. Dies mag ein Vergleich der Versuchsserie 3 mit 2 und 4 beweisen, wo ausgerechnet in den letzten beiden vorbehandelten Serien die wenigen Polyeder gefunden werden konnten, die überhaupt zu finden waren. Das Vorkommen von Polyedern im Ei kann also nur als Ausnahmefall gewertet werden. Im allgemeinen werden in den Eiern keine fertigen Polyeder anzutreffen sein.

Statt dessen aber können häufig die frühen Kernveränderungen gefunden werden, die in polyederbefallenen Zellen die ersten Anzeichen für eine stattgehabte Infektion darstellen, nämlich die leuchtende Ringzone der Kerne mit den ersten Anfängen der Polyederbildung. Von einer sehr stark befallenen Thüringer Herkunft, die im Februar des Jahres 1944 im Laboratorium als Prüfversuch angesetzt worden war, wurden die erhaltenen Eier, die nach dem Ausfärben im Kühlschrank bei $+ 2^{\circ}$ aufbewahrt worden waren, im November 1944 aufpräpariert und die noch lebenden jungen Räumchen über einem Wassertropfen vorsichtig auseinandergerissen, bis etwas Lymphe in den Tropfen abgeschwemmt war, worauf sie erst als Ganzes zerquetscht wurden. Den mikroskopischen Befund gibt Tabelle 1 in Versuchsserie 1. Selbst in diesen ganz frischen Räumchen aus Eiern des gleichen Jahres waren keine fertig ausgebildeten Polyeder vorhanden, obwohl die Eier vor dem Aufpräparieren nicht desinfiziert worden waren. Aber in den Kernen der ausgeschwemmten Blutzellen konnte überall fast ausnahmslos die leuchtende Ringzone aufgefunden werden, in der PAILLOT (1928) erstmalig die Vermehrungszone seines Gelbsuchterregers erkannt und als „anneau miroitant“ beschrieben hatte. LETJE (1939) konnte diese Erscheinung bestätigen und dahingehend erweitern, daß es sich bei dem leuchtenden Ring um die Summierung einer großen Anzahl der schwach leuchtenden und sich lebhaft bewegenden kleinen Körnchen handelte. BERGOLD (1943) kam für Nonne und Schwammspinner zu den gleichen Ergebnissen. Alle 3 Forscher haben mit Dunkel-feldbeleuchtung gearbeitet. Unsere Untersuchungen wurden anfänglich ebenfalls mit Dunkel-feld durchgeführt, aber später hauptsächlich mit der neuen Phasenkontrasteinrichtung (Zeiß, nach ZERNIKE), die bei Frischpräparaten so außerordentlich klare und kontrastreiche Bilder liefert, wie es bei Hell- und Dunkelfeld niemals der Fall war (Abb. 5). Hier ist die Blutzelle einer älteren Seidenraupe mit der leuchtenden Ringzone bei Phasenkontrastbeleuchtung dar-

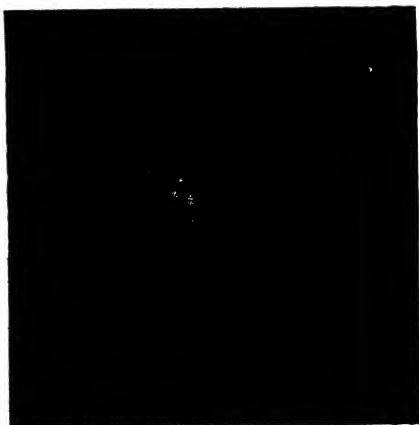


Abb. 5. Räumchen im Ei: Blutzellen mit leuchtender Ringzone und kleinsten Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

gestellt. Da die Blutzellen aus den jungen Räupchen genau so aussehen, nur kleiner sind, habe ich von der Wiedergabe einer zweiten photographischen Darstellung abgesehen. Deutlich ist im Phasenkontrast der helle Ring zu erkennen, in dem sich schon vereinzelt kleine Polyeder gebildet haben, und damit ist an einem Vorhandensein des Polyedererregers im Ei wohl nicht mehr länger zu zweifeln. Dieser Befund schließt den Kreislauf der Eiübertragung von einer Generation auf die andere, denn die Ausbildung der leuchtenden Ringzone in den Kernen der jungen Räupchen im Ei ist nur dann möglich, wenn der Erreger bereits vom Elterntier her dem Ei mitgegeben worden ist: mit der Ausbildung der leuchtenden Ringzone und Einschluß des Erregers in kleinen Polyedern setzen die ersten Abwehrreaktionen des Organismus ein, soweit dieser im geschlossenen Ei dazu schon in der Lage ist. Bei Ausstrichen von ganz frischen Eiern lassen sich übrigens nach 1—2stündiger Färbung mit Viktoriablauf lose Gruppen von kleinen Körnchen sichtbar machen, die mit den kleinen Erregern identisch sein mögen. Wieweit sie im Ei ausschließlich in solchen Anhäufungen vorkommen oder auch in einzelner Verteilung, ist bei der Kleinheit des Objektes hier natürlich ebensowenig zu entscheiden wie im Faltergewebe. PAILLOT (1928) konnte diese Körnchen in Eigelegen von Faltern beobachten, die er mit gelbsüchtigem Blut infiziert hatte: wenn er die abgelegten Eier dann nach einigen Tagen untersuchte, konnte er die gleichen leuchtenden Körnchen wiederfinden wie im injizierten gelbsüchtigen Blut. LETJE (1939) will die leuchtenden Körnchen dagegen auch im Blute gesunder Raupen gefunden haben. Nach den Erfahrungen jedoch, die wir mit „gesunden“ Seidenraupen gemacht haben (siehe später), bin ich nicht unbedingt sicher, daß LETJE auch wirklich mit gesunden Tieren gearbeitet hat, denn scheinbar vorhandene äußere Gesundheit verbürgt noch gar nicht immer wirkliche Gesundheit, wie im Kapitel über Versuche mit Seidenraupen näher ausgeführt werden wird. —

Durch Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern bei Nonnen und Seidenspinnern konnte erstmalig nachgewiesen werden, daß die Übertragung der Polyederkrankheit von einer Generation auf die andere im Eierfolg. Die hierfür ermittelten Beweise seien noch einmal kurz zusammengefaßt:

1. konnte festgestellt werden, daß während der allgemeinen Puppenlyse die von der Raupe in die Puppe übernommenen Polyeder abgebaut oder aufgelöst (lysiert) werden, wie typische Brüche bis zum Zerfall in Restkörper erkennen ließen. Dabei werden die im Polyeder enthaltenen kleinen Inhaltskörnchen frei, die mit dem Erreger identisch sind und Elementarkörper vom Charakter eines hochmolekularen Virus darstellen;
2. konnten Polyederauflösungen künstlich in Puppenlymphe nachgeahmt werden;

3. traten Polyederauflösungen ebenfalls auf, wenn Polyeder in Präpuppen oder frische Puppen injiziert wurden;
4. konnten auf Ausstrichen von Puppenlymphe mit Polyedern in ersten Auflösungsstadien durch zweistündige Viktoriablaufärbung die aus den Polyedern heraustretenden Elementarkörnchen färbetrisch dargestellt werden;
5. schienen Elementarkörperchen ebenfalls in den Ovarialendzellen der Falter vorhanden zu sein. Im Fettgewebe des Falters ließen sich Restkörperchen von zerfallenen Polyedern nachweisen;
6. konnten in Eiern und herauspräparierten Räupchen im allgemeinen keine Polyeder aufgefunden werden. Diese waren ja auch bereits in der Puppe aufgelöst worden;
7. fanden sich statt dessen aber in Eiern und herauspräparierten Räupchen lose Zusammenballungen von kleinen Körnchen, die wahrscheinlich mit den Elementarkörperchen identisch sind und durch Färbungen mit Viktoriablauf sichtbar gemacht werden konnten;
8. konnte als wichtigster Beweis neben der Auflösung der Polyeder in der Puppe bereits in den Kernen von Blutzellen junger, aus dem Ei herauspräparierter Räupchen die leuchtende Ringzone mit kleinsten und kleinen Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung nachgewiesen werden.

Mit der Tatsache der Übertragung der Polyedrie im Ei ist es nunmehr auch erklärlich, warum Versuche zur äußeren Desinfektion von Eiern mit dem Ziel, gesunde Aufzuchten zu erhalten, fehlschlagen müssen, wenn die Eier in ihrem Innern bereits von den Eltern her natürlich verseucht sind. So konnte JANISCH (1942) bereits — siehe auch S. 7 — bei natürlich kranken Nonnenraupen trotz vorheriger Desinfektion mit den verschiedensten Mitteln keine Gesundung der Herkünfte erzielen, sondern erhielt hohe Prozente von Polyedertoten (53 % nach 2' KOH 2 %, 49 % nach 2' Formalin 2 % und 52 % nach Trichloressigsäure 30 %), die der Polyedersterblichkeit der unbehandelten Kontrolle mit 48 % entsprachen. In zwei weiteren Versuchen konnte JANISCH bei einer vorherigen Behandlung mit Trichloressigsäure zwar eine wesentliche Verminderung der Polyedersterblichkeit mit 61, bzw. 81 % der unbehandelten Kontrollen auf 9, bzw. 35 % der vorbehandelten Eier erzielen, aber zu einer völligen Gesundung kam es auch hier nicht. BERGOLD (laut brieflicher Mitteilung) glaubte, daß derartige Todesfälle nach Trichloressigsaurebehandlung als Sekundarinfectionen erklärt werden könnten, ähnlich wie dies von LETJE (1939) geschehen ist, der die in seinen Versuchen vereinzelt vor dem Einspinnen auftretenden Gelbsuchtfalle als Neuinfectionen im Raupenstadium bezeichnet hatte (siehe auch S. 26). Die von JANISCH (1942) nach Trichloressigsaurebehandlung erhaltenen Todesfälle waren jedoch mit 9, 35 und 52 % zu hoch, um als Sekundarinfectionen genügend erklärt zu sein, und ich habe daher in eigenen Desinfektionsversuchen

1943 in Dahlem und vor allem 1944 in unserer Ausweichstelle Eisgrub (C. S. R.), wo noch niemals mit Nonnen und Seidenraupen, geschweige denn mit deren Polyederkrankheiten gearbeitet worden war, diese einander entgegenstehenden Versuchsergebnisse einer nochmaligen Prüfung unterzogen. Naturgemäß erscheint hier BERGOLD (1942, 1943), in dessen Arbeiten die Auffassung von der Übertragung der Polyedrie durch äußere Eischalenverschmutzung und einer damit verbundenen Möglichkeit zur Desinfektion der Eier ihren letzten großen Niederschlag gefunden hat, in vorliegender Arbeit, die zu gänzlich anderen Ergebnissen geführt hat, auch am stärksten diskutiert.

Folgende Beobachtungen waren es, auf die BERGOLD (1943) seine Überzeugung vornehmlich stützte: Er fand 1. sowohl bei gezüchteten als auch bei Freilandfaltern aus allen Teilen Deutschlands immer eine sehr starke äußerliche Verschmutzung mit Polyedern; 2. fand er in Eiabschwemmungen von *Dendrolimus pini* und Schwammspinnerfaltern, die eine späte künstliche Raupeninfektion überstanden hatten, viele typische *Dendrolimus*- und Schwammspinnerpolyeder; und 3. konnte er viele Nonnenpolyeder von einem Eigelege abschwemmen, das aus einem stark mit Polyedrie verseuchten Nonnenmassenaufreten stammte.

Im Hinblick auf diese Beobachtungen BERGOLDS (1943) wurden zunächst einmal einzelne Eischalen und auch Abschwemmungen von Eiern solcher Herkünfte untersucht, die bei steriler Aufzucht zu mindestens 50 % an Polyedrie eingegangen waren. Die dazu ausgewählten Herkünfte stammten aus schwer heimgesuchten Thüringer Befallsgebieten, in denen die Falter eigenhändig von uns in die bereits beschriebenen sterilen Fanggefäße eingesammelt worden waren. Obgleich die abgelegten Eier vor ihrem Ansatz nicht desinfiziert worden waren, konnte bei mikroskopischer Prüfung im Gegensatz zu den erwähnten Angaben BERGOLDS (1943) bei 190 Untersuchungen einzelner Eischalen kein einziger Polyeder aufgefunden werden. Wohl waren Bakterien mit 37,4 % vorhanden, und es waren Hefen und Pilzsporen zu finden, die im Dunkelfeld sehr stark an Schwammspinnerpolyeder erinnerten; aber Polyeder fanden sich nicht, weder im Hellfeld, noch im Dunkelfeld, noch bei Phasenkontrastbeleuchtung (Tabelle 2).

Tabelle 2

Zahl der Eischalen	o. B., teilweise mit Hefen und Pilzsporen	B + u. B + + - + + + 1 Bz + + + +	Polyeder
190	119 = 62,6 %	71 = 37,4 %	0

Die gleichen Ergebnisse lieferten Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern, die durch Gaze filtriert und abzentrifugiert worden waren (BERGOLD 1943). Eine solche Abschwemmung von der sehr kranken Herkunft Schleusingen zeigte wiederum keinen Polyeder, obwohl die Aufzucht bei einer Gesamtsterblichkeit von 100 % zu 54,5 % an Polyedrie zugrunde gegangen war. Es waren lediglich wieder Hefen,

Bakterien und vor allem eine ungeheure Menge Pilzsporen festzustellen. Abschwemmungen von Eiern einer ebenso kranken Dietzhausener Herkunft brachten dasselbe Ergebnis. Eier sind also keinesfalls „immer“ sehr stark äußerlich mit Polyedrie verseucht. Als wichtigstes Ergebnis dieser Eischalen- und Abschwemmungsuntersuchungen erscheint mir jedoch die Tatsache, daß Raupenaufzuchten zu mindestens 50 % an Polyedrie sterben können, ohne daß ihre Eischalen einen einzigen oberflächlich anhaftenden Polyeder aufzuweisen brauchen: Die Polyedersterblichkeit scheint mithin nicht unbedingt daran gebunden und ein äußeres Anhaften von Polyedern auf der Eioberfläche nach diesen Befunden wohl immer nur zufällig zu sein.

Diese Feststellung wird nun weitgehend gestützt durch die Ergebnisse aus den Eidesinfektionsversuchen, die schon ESCHERICH und MIYAJIMA (1911) als stärksten experimentellen Beweis für die „Vererbbarkeit“ der Polyedrie gefordert hatten. Um die Resultate meiner Versuche vorwegzunehmen, so erbrachten Aufzuchten von Eiern aus natürlich kranken Herkünften — ebenso wie bei JANISCH (1942) — trotz vorheriger Desinfektion mit den verschiedensten Mitteln immer hohe Ausfälle an Polyedertoten, die meistens dem natürlichen Krankheitsbefall, d. h. den Kontrollen, entsprachen.

Auf Grund von Populationsanalysen (ROEGNER-AUST, im Druck) wurden zu den Eidesinfektionsversuchen die beiden kränksten Herkünfte der Prüfversuche 1943 ausgewählt, und zwar die Herkunft Keulrod/Thür. mit einer Gesamtsterblichkeit von 97,6 % bei einer Polyedersterblichkeit von 82 % und die ebenfalls sehr kranke Herkunft Oberstadt/Thür. mit einer Gesamtsterblichkeit von 79,7 % bei einer Polyedersterblichkeit von 67,8 %. Die Eier wurden vor dem Ansatz 15 Minuten in 30prozent. Trichloressigsäure gebadet (BERGOLD 1942, 1943), ausgewaschen und über Wasser (JANISCH 1933) angesetzt (Tabelle 3).

Tabelle 3

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamt- anzahl tot %	davon Misch- infektionen %	Falter %
Nonne Keulrod, Eier Tri vorbehandelt, angesetzt 14. 4. 43	203	18,7	18,7	28,1	64,6	6,8	34
Nonne Keulrod, un- behandelte Kontrolle, angesetzt 14. 4. 43	202	31,7	44,1	22,8	97,5	11,3	1,47
Nonne Oberstadt, Eier Tri vorbehandelt, angesetzt 19. 6. 44	144	36,2	29,9	32	97,9	58,4	2,4
Nonne Oberstadt, un- behandelte Kontrolle, angesetzt 19. 6. 44	135	32,6	22,9	43,7	99,4	60	0,7

Bei keinem der beiden Versuche konnte die Polyedersterblichkeit durch die vorherige Desinfektion mit Trichloressigsäure verhindert werden, wenn auch bei Oberstadt eine Verminderung um 11,7 % zu verzeichnen war. Bei Keulrod wurde dagegen lediglich die Sterblichkeit der Schwäche- und Bakterientoten herabgesetzt, während die der Polyedertoten sogar eine Erhöhung um 5,3 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle erfahren hatte.

Weitere Versuche mit Trichloressigsäure, zu denen allerdings keine unbehandelten Kontrollen angegeben werden können, da die Tiere ursprünglich für Infektionsversuche bestimmt gewesen waren, zeigten trotz der desinfizierenden Vorbehandlung ihrer Eier Polyedertote in einer Höhe von 10—100 % (Tabelle 4). Nonne Zehlendorf (unterste Reihe) stellt den einzigen Fall unter meinen Versuchen dar, wo nach Trichloressigsäurebehandlung der Eier kein Ausfall an Polyedertoten auftrat; doch kann dieses Ergebnis nicht allzu hoch bewertet werden, da nur 4 Tiere im Versuch waren, und da die Herkunft Zehlendorf eine der gesundensten Herkünfte überhaupt gewesen ist.

Tabelle 4

Herkunft und Versuchsnummer Eier Tri vorbehandelt	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamt- anzahl tot %	Falter %
Nonne Lobenstein, 27/1	10	10	0	10	20	80
" " 27/10	9	0	11,1	88,9	100	0
Nonne Dietzhausen, 28/1	10	10	10	50	70	30
" " 29/1	10	0	10	60	70	30
" " 30/1	15	6,67	0	93,37	100,04	0
" " 30/6	9	0	0	100	100	0
Nonne Zehlendorf, 31/6	4	0	25	0	25	75

Alle diese Ergebnisse beweisen eindeutig, daß Eidesinfektionen mit Trichloressigsäure (BERGOLD 1942, 1943) bei natürlich infizierten Herkünften keine gesunden Aufzuchten ergeben. Die Ergebnisse von JANISCH (1942) mußten damit bestätigt werden.

Bei der sehr gesunden Herkunft Lobenstein/Thür., die im Prüfversuch 1943 nur 4,3 % Polyedertote bei einer Gesamtsterblichkeit von 27,7 % aufgewiesen hatte, war bei einem erneuten späteren Ansatz Ende Mai trotz Desinfektion der Eier mit Trichloressigsäure eine hohe Polyedersterblichkeit von 72,5 % bei einer Gesamtsterblichkeit von 100 % aufgefallen. Um die Ursache für diesen Unterschied bei frühem und bei spätem Ansatz aufzuklären, der auch schon von ZWÜLFER (1933) in ähnlicher Weise beobachtet worden war, wurden im Jahre 1944 zwei Herkünfte mit einer geringen natürlichen Frühjahrssterblichkeit ohne Vorbehandlung ihrer Eier zu einem späteren Termin noch einmal angesetzt: Die Ergebnisse zeigten wieder — auch ohne vorherige Trichloressig-

säurebehandlung — ein außergewöhnliches Ansteigen der Sterblichkeit beim Herbstansatz (Tabelle 5).

Tabelle 5

Herkunft	Zahl der Tiere	Schwäche tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	Falter %
Nonne Oberstadt, angesetzt 16. 2. 44	79	0	6,3	2,5	8,8	91,2
Nonne Oberstadt, geschlüpft 10. 7. 44	99	34,3	34,4	29,3	98	2
Nonne Schleusingen, angesetzt 16. 2. 44	96	0	18,8	5,2	24	71,8
Nonne Schleusingen, angesetzt 5. 10. 44	55	3,7	41,8	54,5	100	0

Da die Eier völlig steril im Kühlschrank gelagert und bei Eischalenuntersuchungen keinen einzigen äußerlich anhaftenden Polyeder aufgewiesen hatten, und da außerdem bei allen Zuchten gleichbleibend mit Eicheln gefüttert worden war, kann als Ursache hierfür m. E. nur eine Schädigung des physiologischen Gesundheitszustandes in Frage kommen, der durch die lange Überlagerung der Eier im Kühlschrank gelitten hat (ROEGNER-AUST. im Druck). — Wichtige Versuche, wie z. B. Prüfversuche für Prognosen, Infektions- und Giftversuche, sollten daher im Frühjahr durchgeführt werden.

Aus der mit Trichloressigsäure vorbehandelten Aufzucht Keulrod 1943 (vgl. Tabelle 3) konnten 53,4 % Falter und von diesen in sterilen Wasserschalen Eimaterial gewonnen werden; dieses wurde steril im Kühlschrank aufbewahrt und im März 1944 in unserer Ausweichstelle Eisgrub nach Einzelweibchengelegen getrennt zum Schlüpfen angesetzt. Das Schlüpfresultat war gering, wie man es häufig bei Laboratoriumszuchten findet; darüber hinaus aber zeigten die Zuchten das gewohnte Bild einer hohen Sterblichkeit: Denn bei einer Gesamtsterblichkeit der einzelnen Gelege von 72,5, 100 und 48 % betrug die Polyedersterblichkeit 60, 95,5 und 28 % (Tabelle 6).

Tabelle 6

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	davon Mischinfektionen %	Falter %
Nonne, Keulrod, Nachzucht	40	0	12,5	60	72,5	22,5	25,3
dasselbe	22	0	4,55	95,5	100	31,8	0
dasselbe	25	4	16	28	48	28	52

Selbst wenn man — trotz größter Sorgfalt — Sekundärinfektionen annehmen will, so dürfte eine solch hohe Sterblichkeit bei Nachzuchten einer mit Trichloressigsäure vorbehandelten Herkunft unmöglich vorkommen, wenn die desinfizierende Behandlung gesunde Falter ergeben hätte (BERGOLD 1942, 1943). Mögen daher durch äußere Desinfektionen der Eier auch alle äußerlich an den Eiern anhaftenden Krankheitskeime inaktiviert werden, wie nach der Verringerung der Absterbeprozente, vornehmlich bei Schwäche- und Bakterientoten, ohne weiteres angenommen werden muß, so müssen darüber hinaus aber weitere Krankheitskeime im Tier, d. h. im Ei vorhanden sein, die von einer äußeren Desinfektion der Eier nicht berührt werden. Für Sekundärinfektionen jedenfalls sind die Totenprozente bei den angewandten sterilen Arbeitsmethoden in unverseuchten Arbeitsräumen zu hoch.

Danach ist es auch gleichgültig, ob zu Eidesinfektionen Kalilauge (JANISCH 1936) oder Formalin (LETJE 1939) oder Trichloressigsäure (BERGOLD 1942, 1943) benutzt wird. Jedes Mittel mußte dann Erfolg haben, wenn zufälligerweise mit einer gesunden Herkunft gearbeitet worden war. Erfolge bei derartigen Herkünften führen daher zu Trugschlüssen, wie JANISCH (1942) an natürlich kranken Herkünften selbst noch feststellen konnte.

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Versuch mit Kalilauge angefügt: Eier von derselben kranken Herkunft Keulrod/Thür., die auch zu den Trichloressigsäureversuchen benutzt worden war, wurden 2 Minuten lang in 2prozent. Kalilauge gebadet und danach in Wasser abgewaschen (JANISCH 1936). Das Versuchsergebnis (Tabelle 7) läßt erkennen, daß auch die Kalilauge, ebensowenig wie die Trichloressigsäure, eine Gesundung bei natürlich kranken Herkünften herbeiführen kann. Sie ist damit weder schlechter noch besser als die Trichloressigsäure, zumal auch hierbei eine geringfügige Verbesserung der Polyedersterblichkeit um 15 % auftrat.

Tabelle 7

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	davon Mischinfektionen %	Falter %
Nonne Keulrod, Eier KOH- vorbehandelt, angesetzt 6. 7. 43	105	14,3	38,1	44,8	97,4	47,7	2,86
Nonne Keulrod, unbehandelte Kontrolle, angesetzt 6. 7. 43	117	11,1	25,6	59,9	96,6	53,9	3,4

Eine kurze Zusammenstellung der Ergebnisse, die aus den Desinfektionsversuchen gewonnen werden konnten und wieder gegen einen Infektionsweg am Ei, wohl aber für eine Übertragung im Ei sprechen, umfassen folgende Beweispunkte:

1. konnte bei 190 Untersuchungen einzelner Eischalen von 8 Nonnen aufzuchten, die jede zu mindestens 50 % an Polyedrie gestorben war, kein einziger Polyeder gefunden werden.
2. Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern der Herkunft Schleusingen, die zu 54,5 % an Polyedrie gestorben war, sowie bei der ebenso kranken Herkunft Dietzhausen ließen ebenfalls keinen Polyeder erkennen.
3. Versuche zur oberflächlichen Desinfektion von Eiern schlugen fehl, und zwar sowohl mit Trichloressigsäure, als auch mit Kalilauge:
 - a) Aufzuchten der natürlich stark verseuchten Herkunft Keulrod zeigten trotz Desinfektion mit Trichloressigsäure 28,1 % Polyedertote. (Kontrolle 22,8 % P-Tote.)
 - b) Aufzuchten der ebenfalls sehr kranken Herkunft Oberstadt zeigten trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 32 % P-Tote. (Kontrolle 43,7 % P-Tote.)
 - c) Aufzuchten der kranken Herkunft Lobenstein und Dietzhausen lieferten trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 10, 88,9, 50, 60, 93, 37 und 100 % P-Tote. (Keine Kontrollen.)
 - d) Ein weiterer Versuch Lobenstein zeigte trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 72,5 % P-Tote.
4. Die natürliche Polyedersterblichkeit von Aufzuchten nimmt nach langem Überlagern der Eier zu:
 - a) Aufzuchten der Herkunft Oberstadt zeigten

bei Frühansatz (16. Februar 1944)	2,53 % P-Tote,
bei Spätansatz (10. Juli 1944)	29,3 % P-Tote.
 - b) Aufzuchten der Herkunft Schleusingen zeigten

bei Frühansatz (16. Februar 1944)	5,21 % P-Tote,
bei Spätansatz (15. Oktober 1944)	54,5 % P-Tote.
5. Nachzuchten der unter 3 a angeführten mit Trichloressigsäure vorbehandelten Herkunft Keulrod zeigten 60 %, 95,5 % und 28 % P-Tote.
6. Aufzuchten der Herkunft Keulrod brachten trotz Vorbehandlung mit Kalilauge 44,8 % P-Tote. (Kontrolle 59,8 % P-Tote.)

Versuche mit Seidenraupen

In Ergänzung obiger Versuche mit anfälligen Nonnen wurden vergleichende Untersuchungen bei Seidenspinnern durchgeführt, die seit 1938 keinen klinischen Befall mit Gelbsucht gezeigt hatten (vgl. S. 11).

Auf Grund der seit 1848 bekannten Tatsache, daß es bei Seidenraupen „gesunde“ und „anfällige“ Herkunft gibt, wurde auch bei diesen der natürliche Gesundheitszustand geprüft, indem Blutzellen auf ihren Befall mit Polyedrie untersucht wurden. Dabei zeigte sich, daß 80 % aller untersuchten Raupen in den Kernen ihrer Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleinsten bis mittelgroßen Polyedern besaßen (Abb. 5). Polyedrie kann also seit Jahren in einer Herkunft vorhanden sein und von Generation zu Generation weitergegeben werden, ohne zum Aus-

bruch kommen zu müssen. Die untersuchten Raupen verpuppten sich und lieferten Falter, welche Eier in normaler Menge ablegten. —

Futterinfektion mit Bm-Polyedern führten bei Seidenraupen gleicher Herkunft zu einer Sterblichkeit von etwa 50 %. Von den überlebenden Raupen wurden 20 klinisch gesunde und kurz vor dem Einspinnen stehende auf ihren Blutbefund untersucht: 85 % von ihnen zeigten wieder die leuchtende Ringzone mit kleinen bis mittelgroßen Polyedern in den Kernen. (Ähnliche Beobachtungen nach künstlichen Infektionen sind bereits von PAILLOT [1928], LETJE [1939] und BERGOLD [1943], von letzterem auch bei Nonnen- und Schwammspinnerraupe gemacht worden.) 1 Raupe = 5 % erwies sich ohne Befund, bei 1 Tier war die Blutentnahme mißglückt und 1 Tier zeigte vorwiegend Bakterien frei im Blut, dazu kleine Polyeder in der leuchtenden Ringzone. Diese Raupe starb am nächsten Tage und zeigte als Befund im Gewebe ziemlich starken Polyeder- und Bakterienbefall, ein Zeichen dafür, daß ein geringer Polyederbefall in den Blutzellen mit einem sehr viel stärkeren Befall im Gewebe einhergehen kann. Ins Blut gelangen die Polyeder auch nach meinen Beobachtungen anscheinend erst zuletzt (PAILLOT 1928, LETJE 1939, HEIDENREICH 1940, BERGOLD 1943). Die untersuchten 85 % Raupen verpuppten sich und lieferten 58,9 % Falter, welche Eier in normaler Menge ablegten. Von den nicht geschlüpften und abgestorbenen Puppen konnte folgender mikroskopischer Befund gewonnen werden: 1. B + + + + (noch Raupe); 2. P + + + + teilweise lysiert, B + + (noch Raupe); 3. P + + + wenige lysiert, B + + + + (noch Raupe) und 4. P + + + teilweise lysiert, Urate + + + + (bereits Puppe). Die nach Beendigung der Eiablage zerriebenen 6 weiblichen und 5 männlichen Falter zeigten Urate und Bakterien, aber keinen Polyeder mehr. Eine Futterinfektion braucht also keineswegs zum Tode zu führen; und trotzdem sind die überlebenden Tiere nicht gesund, wie z. B. BOLLE (1898) und KOMAREK und BREINDL (1924) angenommen hatten, sondern werden zu Trägern der Polyedrie für die nächste Generation.

Wenn LETJE (1939) bei seinen Desinfektionsversuchen mit Seidenspinnereiern bei Anwendung von Formalin Erfolg hatte, dann dürfte dieses ebenso, wie bei den ersten Versuchen JANISCHS (1936), auf den natürlich guten Gesundheitszustand seiner Versuchstiere zurückzuführen sein, denn in keinem seiner Kontrollversuche überstieg die Anzahl der Polyedertoten die geringe Höhe von 2,58 % (eine Umrechnung der von ihm angegebenen Zahlen in Prozente erschien mir aus Vergleichsgründen praktischer). Daß er bei künstlicher Infektion der Eier mit gelbsüchtigem Blute selbstverständlich einen hohen Ausfall an Polyedertoten erhalten mußte (49 und 88 %), und daß bei nachfolgender Desinfektion wiederum nur wenige Polyedertote auftraten (4,76, 0. und 1 %), ist nunmehr völlig erklärlich, zumal diese Todesfälle durchaus im Rahmen der natürlichen Polyedersterblichkeit verblieben, ja, sogar mit 4,76 % trotz Formalinbeizung, unverhältnismäßig hoch waren. LETJE selbst hielt

darum auch einen Zusammenhang dieser Gelbsuchtfälle mit der vorher durchgeführten künstlichen Infektion der Eier für unwahrscheinlich, da die Tiere außerhalb der Inkubationszeit eingegangen waren, und suchte solche Abgänge, die trotz Formalinbeizung aufgetreten waren, als „Neuinfektionen“ im Raupenstadium zu erklären.

Auch LETJE (1939) mußte bei Seidenraupen, ebenso wie ich bei Nonnen, in Herbstzuchten eine größere Krankheitsbereitschaft feststellen als in Frühjahrszuchten. Entsprechend dem geringeren natürlichen Befall seiner Seidenraupen konnte auch nur eine geringe Anzahl von Todesfällen auftreten, wie Tafel 37 mit 0,98 und 1,49 ‰ gegenüber 2,58 ‰ und Tafel 38 mit 0,13 ‰ gegenüber 1,44 ‰ zeigt, während bei den von mir benutzten sehr viel anfälligeren Nonnen auch sehr viel größere Unterschiede zu verzeichnen waren (vgl. Tabelle 5).

Die Übertragung der Bakterien

Bakterien sind bei Nonnen, Seidenraupen und Schwammspinnern schon von HOFMANN (1891), v. TUBEUF (1892), KRASSILSHTSHIK (1896), WAHL, ECKSTEIN (1910), SASAKI (1910), WOLFF (1910), KNOCHE (1912, 1922), GLASER und CHAPMAN (nach ESCHERICH), HEIDENREICH (1940) und JANISCH (1942) gesehen worden. Insbesondere KNOCHE konnte bei einem Teil seiner Polyederinfektionsversuche bei Nonnen ein vorzeitiges Sterben durch massenhafte Stäbchenbakterien, desgleichen Kokken, feststellen, wobei in zuerst gestorbenen Tieren die Stäbchenbakterien, später die Kokken überwogen. Die Tiere erschienen äußerlich wipfelkrankverdächtig, waren aber infolge Bakterieninfektion gestorben. JANISCH (1942) weist dann endgültig nach, daß es bei Nonnen eine der Wipfelkrankheit klinisch ähnliche, aber von Bakterien verursachte Krankheit gibt, für die er den Namen „Schlaffsucht“ im Gegensatz zu der mit dem Auftreten von Polyedern verknüpften Wipfel- oder Polyederkrankheit wählt. Als Erreger der Schlaffsucht konnte JANISCH einen sporenbildenden Bazillus, B 1, und ein nicht sporenbildendes Bakterium, B 2, isolieren und ihre Pathogenität für Nonnenraupen sicher nachweisen. Er vermutet jedoch, daß noch weitere Erreger hinzukommen. Da die Krankheitsbilder von B 1 und B 2 einander ähnlich sind, hielt JANISCH es nicht für zweckmäßig, getrennte Namen je nach dem Erreger einzuführen, sondern den Namen Schlaffsucht als Sammelnamen für alle die durch Bakterieninfektion verursachten Krankheiten, die äußerlich wie die Polyedrie verlaufen, anzuwenden. Auch beim Seidenspinner sei ja der Name Schlaffsucht ein Sammelbegriff. Mit dieser Tatsache von polyederähnlichen Bakterieninfektionen erhalten die ersten Forscher, insbesondere v. TUBEUF, eine gewisse Bestätigung ihrer Beobachtungen.

Da hinsichtlich der Übertragung der Bakterien von Generation zu Generation ebenfalls eine Infektion im Ei anzunehmen war, wurden Eier bzw. herauspräparierte Räupchen, neben Polyedern auch auf das Vorkommen von Bakterien untersucht. Tabelle 1 (1—4) läßt erkennen,

daß Bakterien — besonders B 2 — überall zu finden sind, und zwar in geringer Menge bei frischen Sommereiern (14,8 ‰), in größerer Menge bei Eiern, die ein Jahr im Kühlschrank gelagert hatten (44,2 ‰), und endlich in sehr hohen Befallstärken (68,3 und 72 ‰) bei Räupchen, die als Spätzucht angesetzt, aber nicht mehr geschlüpft waren. Neben der Tatsache ihres Vorhandenseins überhaupt deutet diese zunehmende Menge auf eine starke Vermehrungsfähigkeit innerhalb des Eies bei längerem Lagern hin. Während der B 2 ohne weiteres isoliert werden konnte, ist B 1 in den Eiern nicht als großes Stäbchen, sondern nur in Form seiner Sporen vorhanden. Auch bei der Bakterienübertragung wird also auf die kleinste Form des Erregers zurückgegriffen. Aus den Sporen konnte das Stäbchen dann in Reinkultur gezogen werden, und wurde, ebenso wie B 2, auf seine Pathogenität geprüft. — Diese Versuche konnten jedoch zu keinem Abschluß mehr gebracht werden und bedürfen daher noch weiterer Ermittlungen.

Während der Häutungstod von Raupen bisher (z. B. ACQUA 1937, HEIDENREICH 1940) ausschließlich mit der Polyederkrankheit in Zusammenhang gebracht wurde, scheint nach unseren Ermittlungen eine Bakterieninfektion die Ursache dafür zu sein. So waren z. B. in einer Nonnenaufzucht der Herkunft Schleusingen/Thür. 8 Raupen während der Häutung eingegangen. Die Sterblichkeitsbefunde ergaben:

4	IV	Htg. tot:	B +++	,
1	IV	„ „	B +++++	,
1	IV	„ „	B +++++, P +	,
1	IV	„ „	B ++, P +++++	,
1	V	„ „	B ++	.

Mit Ausnahme einer Raupe IV, die mit B ++, P +++ vorwiegend an Polyedern gestorben war, waren also alle anderen einem Bakterientod zum Opfer gefallen. Und ebenso wie hier war es in sämtlichen anderen Versuchen. Eine Zusammenstellung der Befunde aus den 12 Herkunft des Prüfversuches 1944 in Eisgrub ergab, daß insgesamt 61 von 1378 Raupen dieser Versuche = 4,43 ‰ in der Häutung gestorben waren, und zwar 14 Raupen I, 13 Raupen II, 4 Raupen III, 7 Raupen IV und 23 Raupen V. Das Schwergewicht der Sterblichkeit bei Häutungsstadien liegt also in den Stadien I und II einerseits und im Stadium V bzw. bei Altraupen andererseits. Von diesen 61 während der Häutung gestorbenen Raupen gingen zusammen 51 = 83,5 ‰ an einem ausgesprochenen Bakterientod zugrunde, allerdings meist in Mischinfektion mit Polyedrie in geringer Befallstärke (P + oder P ++); 6 weitere Raupen = 9,85 ‰ starben an Mischinfektionen von Polyedern und Bakterien in gleicher Befallshöhe und 1 Raupe = 1,64 ‰ starb ohne Befund. Diese Ergebnisse sprechen nicht dafür, den Häutungstod auch fernerhin noch als ausschließlichen Polyedertod zu betrachten, doch müßten auch hierüber endgültige Feststellungen noch getroffen werden.

Praktische Schlußfolgerungen

Mit der aus Puppen-, Falter-, Ei- und Eischalenuntersuchungen nachgewiesenen Übertragung des Polyedererregers im Ei lassen sich alle Erscheinungen im Massenwechsel forstlicher Schadinsekten auf eine einfache und natürliche Art und Weise erklären, selbst solche Beobachtungen und Versuchsergebnisse, deren Deutung bisher auf Schwierigkeiten gestoßen war.

Es ist allgemein bekannt, daß bei einer Kalamität erst nach zwei-, drei- oder vierjähriger Fraßzeit der Raupen plötzlich die Polyederkrankheit mit epidemischer Heftigkeit auftritt, um dann innerhalb ganz kurzer Zeit eine ungeheure Menge von Raupen dahinzuraffen (WAHL, BÖHM, PUTSCHER, KNOCH, ESCHERICH, WELLENSTEIN u. a.). Alle möglichen Erklärungen sind für diese schlagartig einsetzenden Katastrophen herangezogen worden, wie Aufnahme virushaltiger Luft in die Tracheen, Aufnahme von verseuchtem Futter oder Überkriechen verseuchter Bodestreue, Infektion durch Kannibalismus der Raupen, Übertragung des Virus durch parasitische Schlupfwespen, durch die äußere Verschmutzung der Eischale und endlich durch chemisch-fermentative oder rein autochthone Bildung von Einschluß- und Elementarkörperchen. Alle diese Infektionsmöglichkeiten von Individuum zu Individuum, die keineswegs gering veranschlagt werden sollen, brachten aber immer noch keine restlose Erklärung. Zudem konnte JANISCH in noch unveröffentlichten Versuchen feststellen, daß sich 1. gesunde Tiere an künstlich infizierten auch bei engstem Zusammenleben nicht immer ansteckten, und daß 2. trotz Anwesenheit eines großen Tropfens hochkonzentrierter angetrockneter Polyederlösung in den Versuchsschalen durchaus nicht immer Todesfälle an Polyedrie auftraten, auch wenn die Tiere dauernd über diesen Fleck hinwegkrochen. Die Ansteckungsgefahr der Raupen untereinander und an verseuchten Ästen und Baumstämmen beim bloßen Überkriechen kann also kaum so groß sein, wie man ursprünglich angenommen hatte. Dagegen spielt die Infektion durch den Darmkanal beim Fressen von verseuchtem Futter sicher eine große Rolle; und doch erklärt auch diese nicht das schlagartige Auftreten der Polyedrie als Seuche. Da die äußere Eischalenverschmutzung mit vorliegenden Untersuchungen als nur zufällig erwiesen werden konnte, und da vor allem Todesfälle auch ohne äußere Verschmutzung der Eischalen auftreten, bleibt zur befriedigenden Erklärung der Polyederseuche im Walde nur die Übertragung von Generation zu Generation im Ei übrig.

Schon ESCHERICH und MYIAJIMA (1911) hatten das Vorhandensein eines latenten Krankheitsstadiums angenommen, das unter dem Einfluß von Außenfaktoren in die akute Form übergeführt werden sollte. Ähnlich dachte RUCZICKA (1927). KOMAREK (nach ESCHERICH 1931) beobachtete eine Virulenzsteigerung der Polyedrie in aufeinanderfolgenden Jahren, und GLASER (nach ESCHERICH 1931) versuchte, durch Passageimpfung den experimentellen Nachweis dafür zu erbringen. All diese Erscheinungen können durch die Übertragung der Polyedrie im Ei nun-

mehr ohne Schwierigkeiten erklärt werden. Auch die langsame Zunahme der Polyederverseuchung im Walde im Verlaufe aufeinanderfolgender Jahre wird ohne weiteres aus der „Vererbung“ der Krankheit verständlich. Denn ein polyedriger Falter kann in seiner Nachkommenschaft 50—200 Eier infizieren, deren Anzahl im nächsten Jahre auf $50 \times 50 = 2500$ bis $200 \times 200 = 40\,000$ ansteigen kann, und so fort. Ob die Polyedrie dann als Seuche im 2., 3. oder 4. Jahre der Massenvermehrung ausbricht, hängt neben der anfänglichen Menge von polyederverseuchten Faltern vor allem von den vorhandenen Umweltfaktoren, insbesondere den klimatischen Einflüssen ab. Diese wirken sich außer auf den akuten Ausbruch der Seuche zunächst auf die Nonnenvermehrung überhaupt aus. Nach WELLENSTEIN (1942) wird eine Nonnenvermehrung vor allem ausgelöst a) durch warmes trockenes Wetter während des Falterfluges im Juli/August, das die Vermehrungskraft der Falter (Falterflug, Eizahlen usw.) begünstigt, b) durch einen kalten feuchten April, dem ein warmer Mai folgt — die Temperaturdifferenz zwischen beiden Monaten muß groß sein, damit Schlüpfen der Raupen und Austreiben der Knospen zusammenfallen und c) durch warme Juni- und Juliwochen, da ein kühler und feuchter Hochsommer die Entwicklung verzögern und die Sterblichkeit erhöhen würde. Treffen obige Bedingungen in aufeinanderfolgenden Jahren zusammen, so lösen sie eine Massenvermehrung aus. Daß die klimatischen Außenfaktoren ebenfalls für den Ausbruch der Seuche verantwortlich sind, konnte in vielen Beobachtungen und Versuchen einwandfrei nachgewiesen werden (WACHTL 1907, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, ZEDERBAUER 1911, KOMAREK und BREINDL 1924, RUCZICKA 1927, WILKE 1931, ZWÖLFER 1933, 1934, 1935, WELLENSTEIN 1942). Insbesondere ZWÖLFER konnte auf der Grundlage der üblichen Monatsmitteltemperaturen mit Hilfe des „Nonnentemperaturindex“ (= Quotient aus örtlicher Temperatursumme und Thermalkonstante der Gesamtentwicklung) das thermische Verbreitungsgebiet der Nonne für Nord- und vertikale obere Grenze sowie auch für Süd- und vertikale untere Grenze berechnen und fand dabei als kennzeichnende Indexwerte für das allgemeine Verbreitungsgebiet der Nonne Werte von 1,0—1,6 und für die typischen Massenwechselgebiete Werte von 1,0—1,4. Die Polyedrie ist mithin, wie dies ja schon von ESCHERICH und MIYAJIMA (1911) betont worden ist, eine „Dispositionskrankheit“, die abhängig ist von der von den Eltern her überkommenen Konstitution und den klimatischen Außenfaktoren. Treffen beide zusammen, also vorhandener Erreger und ungünstige Außenbedingungen, z. B. hohe Temperatur und hohe Feuchtigkeit (WELLENSTEIN 1942), dann bricht die Polyedrie als Seuche aus.

Wegen der hohen Abhängigkeit der Polyederseuche von klimatischen Außenfaktoren hat man allerdings bei Seidenraupen durch die Lenkung der äußeren Bedingungen ein Mittel an der Hand, um den Ausbruch der Gelbsucht zu fördern oder zu hemmen, je nachdem, ob man Industrie- oder Stammzuchten wünscht (PAILLOT 1928). Für

Industriezuchten dürfen die Temperaturen der Zuchträume nur mäßig hoch sein, um latent vorhandene Gelbsucht nicht zum Ausbruch kommen zu lassen, dagegen für Stammzuchten sehr viel höher, um vorhandene Gelbsuchtfälle auszulösen und somit beseitigen zu können. Auch auf den Vorschlag einer schärferen Kokonauslese bei der Gewinnung von Seidenspinnerbrut (PAILLOT 1928) soll noch einmal hingewiesen werden. Für die Nonne als Freilandtier bestehen solche Möglichkeiten aber nicht: hier kann eine Dezimierung der Schädlinge nur durch Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel erreicht werden, über deren Notwendigkeit oder Unterlassung oftmals Zweifel bestehen. Eine solche Entscheidung kann aber durch Erfassung des natürlichen Gesundheitszustandes in laboratoriumsmäßigen Aufzuchten von Raupen bereits im Winter (JANISCH 1936, WELLENSTEIN 1942, BERGOLD 1943) erleichtert werden, bei denen die natürliche Sterblichkeit sowie auch deren Ursachen ermittelt werden, bevor die Raupen im Walde schlüpfen. Erweisen sich die Tiere dabei als gesund oder tritt die Polyedrie vorwiegend erst in den letzten Stadien auf, wie dies ja meist der Fall ist, dann ist — bei hoher Zahl — eine chemische Giftbekämpfung unbedingt zu empfehlen; sind aber die Tiere krank und sterben in den ersten Stadien ab, dann kann auf eine Giftbestäubung verzichtet werden, weil die Polyedrie ohnedies ihren Tod herbeiführen wird (JANISCH 1933—1941, ROEGNER-AUST, im Druck). Die vielen anderen prognostischen Maßnahmen, wie Probeiern, Falterzählungen und Puppenhülsesuchen, die ausführlich bei WELLENSTEIN (1942) behandelt worden sind, dienen vorwiegend gradologischen Feststellungen, also zur Erfassung des Ablaufes einer Massenvermehrung. Der Gesundheitszustand der Tiere wird dabei nur am Rande erfaßt, z. B. aus der zunehmenden Menge der verkrüppelten Puppen, verkümmelter Schmetterlinge, verminderter Zahl und Größe der Eihäufchen, Zunahme an unentwickelten Eiern usw. Während bei Beginn einer Massenvermehrung der Prozentsatz an verkrüppelten Puppen usw. nur gering ist (WELLENSTEIN 1942), vergrößert sich ihre Anzahl bei zunehmender Massenvermehrung ganz erheblich. Auch diese Beobachtungen entsprechen durchaus den mit der Eiübertragung im Zusammenhang stehenden Virulenzsteigerungen von Polyedrie und Schlaffsucht, da der allgemeine Gesundheitszustand infolge der alljährlich zunehmenden stärkeren Verseuchung der Populationen eine laufende Verschlechterung erfährt, die sich in einer Verminderung der Entwicklungsfähigkeit äußert. Auf Grund der Übertragung im Ei sind wir daher heute in der Lage, abschließend zu behaupten, daß jede Massenvermehrung von vornherein den Keim des Zusammenbruches in Form von Polyedrovirus in sich trägt, wie auch WELLENSTEIN (1942) auf Grund seiner umfangreichen Erhebungen über den Massenwechsel der Nonne in Ostpreußen, sowie auch seiner vergleichenden Beobachtungen aus den mitteldeutschen Befallsgebieten bereits annehmen mußte.

Aus diesem Grunde ist auch ein Einsatz der Polyeder als biologisches Bekämpfungsmittel wenig erfolgversprechend. Versuche, die in dieser Hinsicht mit polyederhaltiger Bodenstreu gemacht wurden (KOMAREK und BRENDL 1924, RUCZICKA 1927) sind fehlgeschlagen, so daß ESCHERICH (1931) vor „übertriebenen Hoffnungen“ warnt. Auch WAHL (1911) hatte sich schon in diesem Sinne ausgesprochen. BERGOLD (1943) hoffte trotzdem, durch Gewinnung und Bereithaltung größerer Mengen Polyederproteins Fraßschäden verhindern zu können, wenn dieses schon bei geringem Nonnenaufreten in die Bäume verspritzt werden würde. Unseres Erachtens liegt die einzige Möglichkeit einer wirklichen Bekämpfung — außer in der Giftbestäubung — nur in einer laufenden Dauerüberwachung der Wälder, besonders der sogenannten nonnengefährdeten Gebiete, die ja bekannt sind, und zwar vor allem im frühesten Vermehrungsbeginn, d. h. zu Zeiten, wo die Nonne forstlich überhaupt noch nicht in Erscheinung tritt. Durch planmäßiges Absammeln der Falter — nach HENZE (1931) sollen sich bequem 90 % aller Falter absammeln lassen, wobei 80—90 % aller Weibchen noch nicht abgelegt haben — könnten vielleicht viele Sorgen und Kosten um den Wald erspart werden. Bei fortgeschrittener Vermehrung hält WELLENSTEIN (1942) dieses Verfahren allerdings für wirkungslos und außerdem für störend bei den Falterzählungen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Durch Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern konnte erstmalig in experimenteller Beweisführung gezeigt werden, daß die Übertragung der Polyederkrankheit von einer Generation auf die andere im Ei erfolgt.

Als Beweise dafür können zusammenfassend folgende Ergebnisse angeführt werden:

1. Polyeder werden in der Puppe aufgelöst, wie charakteristische Brüche bis zum gänzlichen Zerfall in Restkörperchen erkennen lassen.
2. Die natürlichen Auflösungen der Polyeder in der Puppe können künstlich in Puppenlympe nachgeahmt werden.
3. Polyederlysierungen können ebenfalls künstlich herbeigeführt werden, wenn gereinigte große Polyeder in lebende Präpuppen oder Puppen injiziert werden.
4. Auf Ausstrichen von Puppenlympe mit Polyedern in den ersten Auflösungsstadien können durch Viktoriablaufärbung die aus den Polyedern heraustretenden Elementarkörperchen sichtbar gemacht werden.
5. In den Ovarialendzellen des Falters scheinen Elementarkörperchen ebenfalls vorhanden zu sein. Im Fettgewebe des Falters lassen sich Restkörperchen von zerfallenen Polyedern nachweisen.

6. In Eiern und herauspräparierten Räupchen finden sich im allgemeinen keine Polyeder, da diese bereits in der Puppe aufgelöst werden.
7. Wohl aber finden sich in Eiern und herauspreparierten Räupchen lose Zusammenballungen der Elementarkörperchen, die bei Färbungen mit Viktoriablauf sichtbar gemacht werden können.
8. Als wichtigster Beweis neben der Auflösung der Polyeder in der Puppe konnte bei Phasenkontrastbeleuchtung in den Kernen von Blutzellen jünger, aus dem Ei herausprepariierter Räupchen, bereits die leuchtende Ringzone mit kleinsten und kleinen Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung aufgefunden werden.

Die ausschließliche Annahme einer Infektion außen am Ei konnte im einzelnen noch durch folgende Versuchsergebnisse widerlegt werden:

9. Untersuchungen von Eischalen auf äußerlich anhaftende Polyeder verliefen negativ, obwohl die Aufzuchten zu mindestens 50 % an Polyedrie gestorben waren.
10. Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern kranker Herkünfte zeigten ebenfalls keine Polyeder. Polyeder außen am Ei sind daher nur zufällig, aber nicht regelmäßig vorhanden.

Als weitere entscheidende Beweise neben den unter 1 und 8 angeführten Ergebnissen können Desinfektionsversuche bei Eiern gelten mit dem Ziel, gesunde Raupenaufzuchten zu erhalten:

11. Desinfektionen mit Trichloressigsäure und Kalilauge verliefen bei Eiern natürlich befallener Nonnenherkunfte völlig ergebnislos; trotz Trichloressigsurevorbehandlung konnten Polyedertote in Höhe von 10—100 % erhalten werden, trotz Kalilauge P-Tote in einer Anzahl von 44,8 %.
12. Nachzuchten aus Einzelweibchen, die im Vorjahre mit Trichloressigsäure behandelten Aufzucht lieferten Polyedertote in Höhe von 28—95,5 %.
13. Langes überlagern der Eier führt zu einem Anstieg der natürlichen Sterblichkeit von Aufzuchten, wie durch frühen und späten Ansatz bei gleichen Herkünften nachgewiesen werden konnte. Wichtige Versuche, insbesondere Infektions- und Giftversuche, sollten daher nur mit Fruhjahrsaufzuchten durchgeführt werden.

Parallelversuche mit gesunden Seidenraupen vervollständigten und bestätigten die bei kranken Nonnenherkünften gewonnenen Ergebnisse:

14. Seidenraupen, die seit 5 Jahren keinen klinischen Fall von Gelbsucht gezeigt hatten, wiesen trotzdem in etwa 80 % aller unter-

suchten Raupen in den Kernen der Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleinen Polyedern auf. Diese Raupen verpuppten sich, wurden Falter und legten Eier ab. Polyedrie kann also seit Jahren latent in einer Herkunft vorhanden sein und von Generation zu Generation weiterverschleppt werden, ohne jedoch zum Ausbruch kommen zu müssen.

15. Futterinfektionen bei Seidenraupen mit Bombyxpolyedern führten nur bei etwa 50 % aller Raupen zum Polyedertod. Blutzellenuntersuchungen bei den überlebenden Raupen kurz vor Beginn des Einspinnens ließen jedoch in 85 % aller Fälle in den Kernen der Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleineren und größeren Polyedern erkennen. Die Raupen verpuppten sich, lieferten Falter und legten Eier ab. Solche Tiere sind dann Überträger für die kommende Generation.

In ähnlicher Weise, wie bei der Polyedrie, erfolgt auch die Übertragung der Schlaffsucht im Ei:

16. In Eiern und herauspräparierten Räupchen konnte Bazillus B 1 sowie B 2 sicher nachgewiesen werden. B 1 ist in den Eiern aber nur in Form seiner Sporen vorhanden. B 2 kann sich anscheinend im Ei vermehren, wie nach einem verhältnismäßig geringen Befall in frischen Sommereiern, aber sehr viel stärkerem Befall in lange überlagerten Eiern anzunehmen ist.
17. Außerdem ließ sich nachweisen, daß Todesfälle, die während der Häutung auftreten, im allgemeinen durch Bakterien, seltener durch Polyedrie verursacht werden.

Schlußfolgerungen für die Praxis

1. Die Infektion der Raupen im Walde durch verseuchtes Futter oder verseuchte Bodenstreu oder an der zufällig äußerlich verschmutzten Eischale reicht nicht aus, um den epidemischen Ausbruch der Polyederkrankheit beim Zusammenbruch einer Kalamität zu erklären. Durch den Nachweis der Infektion im Ei findet jedoch die langsam von Jahr zu Jahr ansteigende Verseuchung der Nonnenpopulationen, sowie auch der schlagartig einsetzende allgemeine Ausbruch der Krankheit im Zusammenbruchsjahr seine natürliche Erklärung.
2. Der Einsatz von Polyedern als biologisches Bekämpfungsmittel erscheint deshalb kaum erfolgversprechend. Alle bisher von verschiedenen Seiten durchgeführten Versuche zur künstlichen Verbreitung der Polyederkrankheit im Walde sind auch gescheitert.
3. Wohl aber sind Prognosen über den natürlichen Befall mit Polyedrie und auch mit Bakteriosen durch Aufzucht von Eigelogen im Laboratorium bereits im Winter möglich, so daß

gegebenenfalls die chemische Bekämpfung rechtzeitig in die Wege geleitet werden kann.

Schrifttum

- BERGOLD, G., Eine Mikroinjektionsspritze und Mikrobürette bis zu 0,1 mm. Biol. Zentralbl. 61, 1941.
- — Polyederfreie Insektenzuchten. Naturwissenschaften 30, 1942.
- — Über Polyederkrankheiten bei Insekten. Biol. Zentralbl. 63, 1943.
- — Die Isolierung des Polyedervirus und die Natur der Polyeder. Ztschr. Naturforsch. 2 b, 1947.
- — Bündelförmige Ordnung von Polyederviren. Ztschr. Naturforsch. 3 b, 1948.
- — und SCHRAMM, G., Biochemische Charakterisierung von Insektenviren. Biol. Zentralbl. 62, 1942.
- — und FRIEDRICH-FRESKA, Zur Größe und Serologie des Bombyx-mori Polyedervirus. Ztschr. Naturforsch. 2 b, 1947.
- BUCHNER, P., Tier und Pflanze in Symbiose. Berlin 1930.
- ESCHERICH, K., Tote Nonneneier. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 9, 1911.
- — Nonnenprobleme. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 10, 1912.
- — Neues über Polyederkrankheiten. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 11, 1913.
- — Die Forstinsekten Mitteleuropas 3, 1931.
- — und MIYAJIMA, M., Studien über die Wipfelkrankheit der Nonne. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 9, 1911.
- GRATIA, A., und PAILLOT, A., Etudes sérologiques du virus de la grasserie des vers à soie, isolée par ultracentrifugation. Arch. ges. Virusforsch. 1, 1939.
- HEIDENREICH, E., Die Polyederkrankheit der Nonne. Arch. ges. Virusforsch. 2, 1940.
- JANISCH, F., Über die Methoden zur Konstanthaltung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im biologischen Laboratoriumsversuch. Handb. biol. Arbeitsmethoden Abt. V, Teil 10, 1933.
- — Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. Schädlingskde. 12, 1936.
- — Über die Bewertung der Mortalitätsfaktoren beim Massenwechsel der Schadinsekten. Ztschr. ang. Ent. 28, 1941.
- — Massenvermehrung forstlicher Schadinsekten. Dtsch. Forstztg. 10, 1941.
- — Der Massenwechsel der Insekten als biologisches Problem. Anz. Schädlingskde. 18, 1942.
- — Mischinfektionen bei Nonnenraupen. Arb. physiol. ang. Ent. 9, 1942.
- — und ROEGNER-AUST, SOPHIA, Der Erreger der Polyederkrankheit bei Nonnenraupen. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 2, 1943.
- — und ROEGNER-AUST, SOPHIA, Die Polyeder. (Manuskript.)
- KNOCHE, E., Nonnenstudien, I. Klimatische Einflüsse. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 10, 1912.
- — Nonnenstudien, II. Die Wipfelkrankheit und ihr Erreger (Ein Beitrag zur Chlamydozoenfrage). Forstwiss. Centralbl. April/Mai, 1912.
- — Die Wipfelkrankheit der Nonnenraupen (Vortrag). Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 2, 1922.
- KOMAREK, J., und BREINDL, V., Vom Erreger und Verlauf der Polyederkrankheit der Nonne. Lasnické práce, 1923.
- — Die Wipfelkrankheit der Nonne und der Erreger derselben. Ztschr. ang. Ent. 10, 1924.

- KOMAREK, J., Die Bekämpfung der Nonne von Flugzeugen mittels Calcium-Arsenat. (Vortrag.)
- — Die Nonnen-Katastrofe in den Jahren 1917—1927. Sborník výzkumných ústavů zemědělských RČS. (Recueil de travaux des Instituts des recherches agronomiques de la République Tchécoslovaque). Sv. 78, Vol. 1931.
- LETJE, W., Das Gelbsuchtproblem bei den Seidenraupen. Seidenbauforsch. 1939.
- PAILLON, A., und GRATIA, A., Application de l'Ultracentrifugation à l'isolement du Virus de la grasserie des vers à soie. Comptes rendus des séances de la Société de biologie. Société belge de biologie. (Séance du 25 juin 1938. Tome CXXVIII, année 1938, page 1178.)
- — Essai d'isolement du virus de la grasserie des vers à soie par l'ultra-centrifugation. Arch. ges. Virusforsch. 1, 1939.
- PRELL, H., Die Polyederkrankheiten der Insekten. Verh. III. Int. Ent. Kongr. I u. II, 1926.
- PROVAZEK, S. von, Handbuch der pathogenen Protozoen. Leipzig 1911. Gelbsucht (Polyederkrankheit) der Raupen.
- ROEGNER-AUST, SOPHIA, Der Infektionsweg bei der Polyederkrankheit der Nonne. Naturwissenschaften 34, 1947.
- — Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen. (Im Druck, erscheint demnächst Ztschr. ang. Ent.)
- RUCZICKA, J., Was die Praktiker des Forstwesens von der Polyederkrankheit wissen sollen. Zvláštní otisk z „Lesnické Práce“ ročník I. 1927?
- SASAKI, On the Pathology of the jaundice of the Silkworm. Journ. of the College of the Agriculture Imp. Univ., Tokio, II, 1910.
- TIMAEUS, F., Beobachtungen über die Nonnentachine (*Parasetigena segregata* Rdi). Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 9, 1911.
- TUBEUF, C. von, Über die Erfolglosigkeit der Nonnen-Vernichtung durch künstliche Bakterien-Infektionen. Forstl. Naturw. Ztschr. 1893.
- — Zur Geschichte der Nonnenkrankheit. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft 9, 1911.
- WACHTL, F., Die Nonne, *Lymantria (psilura) monacha* L., Naturgeschichte und forstliches Verhalten des Insekts, Vorbeugungs- und Vertilgungsmittel. Wien 1907.
- WAHL, B., Über die Polyederkrankheit der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1909.
- — Über die Polyederkrankheit der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1910.
- — Über die Polyederkrankheit der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1911.
- — Über die Polyederkrankheit der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1912.
- — Über Polyederkrankheiten bei Schmetterlingsraupen. Wiener Ges. Mikrobiol. Sitzung 9. Nov. 1937. Zentralbl. ges. Bakteriell. Paras.-Kde. u. Inf.-Krankheiten 2, 1938.
- WELLENSTEIN, G., Die Nonne in Ostpreußen. Monographie z. ang. Entomologie 1942.
- WILKE, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. (I. Dargestellt an *Lymantria monacha* L., *Ips typographus* L. und *Hylurgops glabratus* Zett.) Arb. Biol. Reichsanstalt 18, 1931.
- WOLFF, M., Über eine neue Krankheit der Raupe von *Bupalus piniarius* L. Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. Landw. Bromberg 3, 1910.
- — Entgegnung auf Herrn Professor Dr. von TUBEUFs Abwehrschrift: Die Polyederkrankheit der Nonne.

- WOLFF, M. und KRAUSSE, A., Forstliche Flugblätter Nr. 5, Norne, *Lymantria monacha* L. Mitt. Forstl. Versuchswes. Österr. 36, 1911.
- ZEDERBAUER, E., Klima und Massenvermehrung der Nonne. Mitt. Forstl. Versuchswes. Österr. 36, 1911.
- ZWÖLFER, W., Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ztschr. ang. Ent. 19, 1931.
- — Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit). Ztschr. ang. Ent. 20, 1933.
- — Die praktische Bedeutung der verbesserten Temperatursummenregel in der Forstentomologie. Verh. Dtsch. Ges. ang. Ent. 1934.
- — Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. Ztschr. ang. Ent. 21, 1935.

Biologie und Bekämpfung der Kaffeeminiermotten Ostafrikas unter Berücksichtigung des Klimas

Von

Dr. H. G. FIEDLER

Mit 8 Abbildungen

A. Biotop und Zuchtmethodik. — B. Biologie. I. Ei. II. Larve. a) Bau und allgemeines Verhalten. b) Fraßtätigkeit. c) Nahrungsmenge. d) Anormale Miniertaktik. 1. Wundkallusbildung im Blatt. 2. Geringer Wassergehalt des Blattes. 3. Junges Blatt. e) Fraßperiode. f) Verpuppungsort. g) Kokonbau. III. Puppe. IV. Imago. a) Unterscheidungsmerkmale. b) Lebensäußerungen c) Eiablage. V. Lebenszyklus und Generationsdauer. — C. Parasiten. — D. Miniermotte und Parasit. — E. Miniermotte und Kaffeebaum. — I. Witterungseinflüsse II. Massenwechsel. III. Gradationsbeispiel. IV. Reaktion der Kaffeepflanze. — F. Probleme der Bekämpfung. — G. Zusammenfassung. — II. Literaturverzeichnis

A. Biotop und Zuchtmethodik

Im Untersuchungsgebiet des Kilimandscharo, sowie in allen anderen Teilen der Kaffeebaugebiete von Ostafrika, wo *Coffea arabica*, und zwar seine Sorten „Bourbon“, „Kent“ und „Blue Mountain“ angebaut werden, sind die zwei Miniermottenarten (*Leucoptera coffeina* Washb. = *L. daricella* Meyr. und *L. coffeella* Guer.) neben dem Kaffeerost (*Hemileia vastatrix*) die gefährlichsten Zerstörer des Kaffeelaubes.

Trotz naher Verwandtschaft, großer äußeren Ähnlichkeit und vielen gleichen Lebensseigentümlichkeiten stellen die beiden Spezies gänzlich verschiedene, teilweise sogar entgegengesetzte Ansprüche an die Beschaffenheit ihres Lebensraumes. Sie schließen sich einander im Lebensraum aus und nur in den Grenzbezirken, wo eine für beide noch erträgliche Mischung der Bedingungen vorhanden ist, findet eine Überdeckung statt. Die Trennungsargumente sind mikroklimatischer Natur und werden in der Hauptsache durch Vorhandensein von Sonne und Schatten festgelegt. Die hierdurch bedingte geringere oder größere Luftfeuchtigkeit ist für die Abgrenzung ein mitbestimmender Faktor, der aber nur in Verbindung mit der Sonnenbestrahlung wirksam ist. Die Fleckenminiermotte (*L. coffeella*) liebt die Sonne, wohingegen die weiße Miniermotte (*L. coffeina*) die beschatteten Kaffeesträucher als Lebensraum wählt.

Daraus folgt für die Praxis: *L. coffeina* ist hauptsächlich nur in mittelmäßig und gut beschatteten Pflanzungen anzutreffen. In unbeschatteten Kaffeebeständen ist ihre Anwesenheit nur so weit möglich, als es sich um ältere und dichtstehende Parzellen handelt, wo die unteren

Zweige im vollen Schatten liegen. Dieser Umstand tritt häufig beim „Bourbon“ infolge zu enger Pflanzweite (2 m) oder bei mangelhaftem Schnitt ein. „Kent“ und ähnliche Sorten werden wegen ihres lichten, tannenähnlichen Wuchses selten ohne Schattendach unter *L. coffeina* zu leiden haben. Die unbeschatteten Pflanzungen hingegen bilden das Hauptverbreitungsgebiet von *L. coffeella*. Inbegriffen sind auch alle jungen Bestände, bevor die angepflanzten Schattenbäume die nötige Größe erreicht haben. Es ist deshalb verständlich, daß alle Kaffeesorten mit lichter Struktur (Kent, Blue Mountain) gerade diesem Schädling günstige Lebensbedingungen gewähren.

Die Verbreitung der Miniermotten ist von der Höhenlage so gut wie unabhängig. Von der unteren Grenze des Kaffees (950 m) bis zum Urwaldrand (1650 m) finden sich beide Arten. Alle Höhenlagen, die für den Anbau des Kaffees geeignet sind, erweisen sich auch günstig für die Blattminierer. Die *Leucoptera*-Arten und der Kaffeebau sind klimatisch in Ostafrika nicht zu trennen.

Zu Beginn der experimentellen Arbeiten ergaben sich verschiedene Schwierigkeiten praktischer Art, die durch Empfindlichkeit des Schädlings und Biotop der Larve verursacht wurden. Für Versuche im Freiland haben sich als besonders günstig kleine Kästen ($15 \times 20 \times 10$ cm) erwiesen, die an vier Seiten mit feiner Stoffgaze bespannt waren und an der breiten Oberseite zu Beobachtungszwecken eine Glasscheibe trugen. An der sechsten Fläche (Schmalseite) war ein Gaseschlauch angebracht, mit dessen Hilfe das Kästchen an einem Zweigende befestigt und abgeschlossen wurde. Ein seitlich angebrachter Stützstab hielt Kasten und Zweig in der gewünschten Lage. Diese Anordnung eignete sich vorzüglich zur Beobachtung der Eiablage, Kopulation usw. Der Vorteil lag ferner darin, daß der Lebensablauf der Versuchstiere nicht gestört zu werden brauchte. Temperatur und Luftfeuchtigkeit ließen sich auch in diesem Falle durch entsprechende Instrumente kontrollieren.

B. Biologie

Zur besseren Vergleichsmöglichkeit sollen im folgenden Teil die beiden Miniermottenarten nebeneinander behandelt werden. Soweit es für das Verständnis der Biologie erforderlich ist, haben Morphologie und Physiologie Berücksichtigung gefunden. Alle Angaben stützen sich auf Beobachtungen im Kilimandscharogebiet; sofern die Verhältnisse anderer Bezirke Ostafrikas Erwähnung finden, wird darauf an den betreffenden Stellen hingewiesen werden.

I. Ei

Die Eier werden normalerweise an der Oberseite der Kaffeeblätter abgelegt. Mit ihrer flachen Basis werden sie mittels eines wasserlöslichen Kittes an die Blattepidermis geklebt. An ihrer Verteilung auf der Blattspreite sowie in ihrer Struktur unterscheiden sich die beiden Arten deutlich.

Die im Schatten lebende *caffcina* heftet ihre Eier genau nebeneinander in kleinen Schnüren längs eines Blattnerves fest. Die Zahl in einem solchen Gelege schwankt zwischen 2 und 12. Sehr selten sind einzelne Eier anzutreffen. In Tabelle 1 ist die prozentuale Häufigkeit der Eizahlen von 300 untersuchten Gelegen wiedergegeben.

Tabelle 1

Häufigkeit der Eizahlen in den Gelegen von *Leucoptera coffeina* Washb.

Eizahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Anzahl der Gelege . .	2	3	8	23	42	78	58	42	22	15	6	1	300
Anzahl in %	0,7	1,0	2,7	7,7	14,0	26,0	19,3	14,0	7,3	5,0	2,0	0,3	100

Danach sind Schnüre mit sechs Eiern am häufigsten (26 %) vertreten. Nur etwa ein Viertel der Gelegen weist Eizahlen unter fünf und über acht auf.

Die Farbe der Eier ist weißlich opalisierend. Sie haben die Gestalt ovaler, sehr flacher Kegelstümpfe mit einer Länge von 0,3 mm, einer Breite von 0,2 mm und einer Höhe von 0,05 mm. Die Oberseite ist napfartig eingesenkt und mit einer schmalen Mittelnabt versehen. Die abgeschrägte Seitenfläche besitzt eine feine Riefelung, welche sich auf der Oberseite in verminderter Stärke bis zur Mitte fortsetzt.

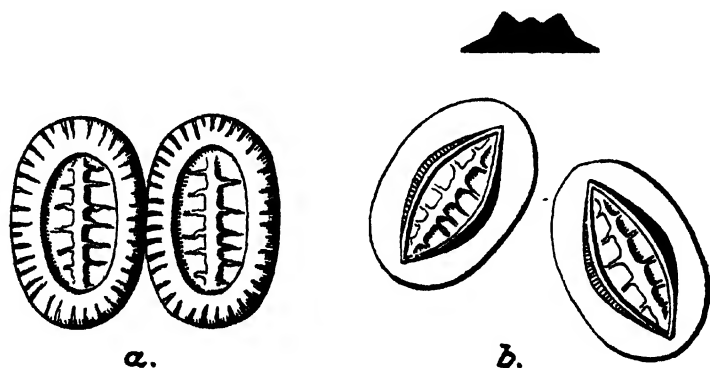


Abb 1. Eier der Miniermotten in Aufsicht und Querschnitt. a = *L. coffeina*,
b = *L. coffeella* (80 fach)

Die Eier der *L. coffeella* besitzen die gleiche Farbe. Ihre Größe bleibt nur ein Geringes hinter *caffcina* zurück. Der Grundriß ist gleichfalls oval, die Oberfläche zeigt jedoch eine andere Struktur. Die eingesenkte Oberseite hat eine spindelförmige Gestalt und wird von einer scharfgradigen Umwallung begrenzt. Die Seitenkanten sind bedeutend flacher geneigt. Die Riefelung ist nur an den Seiten der Mittelnabt vorhanden. Die Eier werden vom *coffeella*-Weibchen einzeln auf der Blattfläche abgesetzt und sind daher schwerer als jene von *caffcina* aufzufinden. Meistens liegen ihrer zwei näher beieinander. Bei starkem

Befall sind auf den Blättern mehrere Bezirke vorhanden, in denen eine größere Anzahl von Eiern (20—30) unregelmäßig verteilt in größerer Nähe festgeklebt sind. Diese „Eibezirke“, welche leicht mit dem unbewaffneten Auge feststellbar sind, weisen in den heißen und trockenen Monaten auf eine ernst zu nehmende Massenvermehrung dieses Schädlings hin.

Die Entwicklungszeit der Eier erwies sich für beide Arten gleichlang. Bei einer Durchschnittswärme von $23,2^{\circ}$ bis $24,3^{\circ}$ C, was allgemein etwa den Mittelwerten der heißen Monate entspricht, benötigen die Eier von *caffeina* sieben Tage bis zum

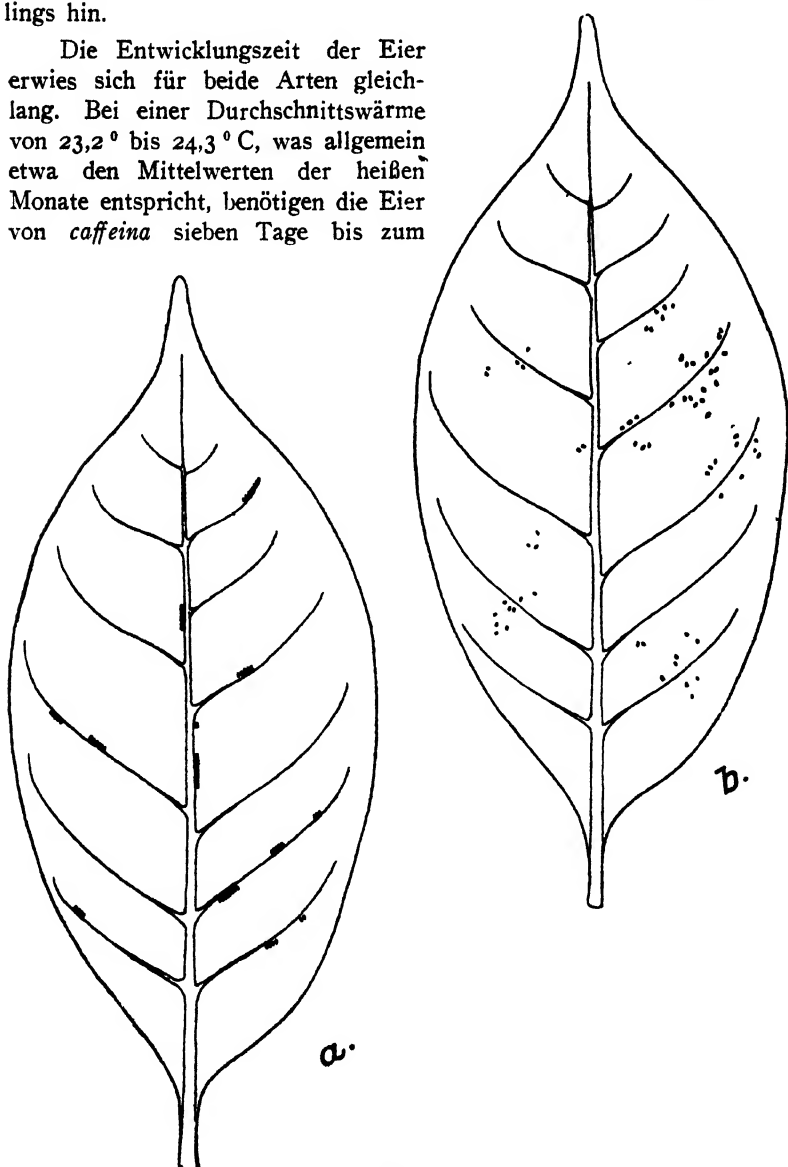


Abb. 2. Egelege auf der Blattoberseite; sehr starker Befall. a = *L. coffeina*, b = *L. coffeella*

Schlüpfen. Für *coffeella* wurden gleichfalls sieben Tage gemessen bei Temperaturen von 23,3 ° bis 23,9 ° C. Zu Beginn der kühleren Zeit stieg die Entwicklungsdauer bei *caffèina* auf acht bis zehn Tage bei einer Temperatur von 21,2 ° C.

Gegen Ende der Eiperiode kann man den Embryo deutlich durch die Eihülle hindurch schimmern sehen. Er liegt hufeisenförmig gekrümmt in der Horizontalebene, so daß Kopf und Abdominalende an der Schmalseite des Eies sich dicht beieinander befinden. Beim Schlüpfvorgang frißt das 0,5 mm lange Räupchen einen halbkreisförmigen Schlitz in den Eiboden. Die darunterliegende Blattepidermis wird in gleicher Weise durchstoßen, und die Junglarve schlüpft in die Palisadenschicht des Blattes. Bei den perlschnurartig, längs einer Blattrippe aufgereihten Eiern von *caffèina* schlüpfen die Larven fast gleichzeitig durch den Eiboden, und zwar stets an der Kante, die dem Blattnerv abgewendet ist, so daß sie nie mit den Leithündeln in Berührung kommen. Beim Schlüpfvorgang gelangen also die Raupen nicht an die Außenwelt, sondern begeben sich vom Ei unmittelbar in das Innere des Kaffeeblattes.

II. Larve

a) Bau und allgemeines Verhalten

Die Larvenperiode wird im gleichen Blatt verbracht. Der Körperbau der Raupe ist demgemäß darauf abgestimmt und besitzt eine starke dorsoventrale Abflachung. Die Farbe ist gelblich weiß. Die stärker chitinisierte Kopfkapsel ist leicht braun getönt, und nur die Mandibel weisen eine dunkelbraune Chitinfarbe auf. Der Vorderdarm ist infolge seiner dauernden Füllung mit Chloroplasten deutlich im Körper erkennbar. Die schwache farblose Beborstung ist durchschnittlich kurz, nur die senkrecht abstehenden Haare an den Lateralseiten des Körpers erreichen eine Länge von dreiviertel Körperbreite. Die meisten Borsten fungieren als Sensillen, mit deren Hilfe die Raupe befähigt ist, eine genaue Lageorientierung im Miniërgang vorzunehmen. Der Druck, den die Dorsalsensillen von der Blattepidermis erhalten, ist bestimmend für die normale Lebenstätigkeit des Tieres, indem er als Richtungsweiser bei der Miniertätigkeit dient. Wird die bedeckende Epidermis entfernt, verlieren die Raupen die Fähigkeit vorwärts zu fressen. Ersetzt man die Epidermisdecke wieder auch durch Papier u. ä., so wird die Miniërarbeit in der Blattebene fortgesetzt: Daß bei Wegnahme der Bedeckung als Störungsfaktor der fehlende Druck und nicht der starke Lichteinfall in Frage kommt, konnte in entsprechenden Verdunklungsversuchen beobachtet werden. Demzufolge sind alle Larven, die sich einmal außerhalb eines Blattes befinden, nicht in der Lage sich wieder in ein neues einzubohren. Alle Larven, die noch nicht das letzte Stadium erreicht haben, gehen zugrunde, wenn ihr Blatt vom Zweige gelöst wird und verwelkt. Die Raupen des letzten Stadiums schreiten dann zur Verpuppung.

Von allen Körperabschnitten haben die Kopfkapsel und das erste Thorakalsegment die stärkste Abflachung erfahren (Abb. 3), so daß der

Vorderkörper wie ein horizontal liegender Keil erscheint. Die Mandibel haben die Gestalt einer sehr schmalen Kneifzange. Sie sind nur befähigt eine Materie in der Horizontalebene zu packen und zu zerschneiden.

Die Analöffnung liegt nicht an der Ventralseite des letzten Segmentes zwischen den Nachschiebern, sondern hat ihre Lage auf die Dorsal-seite dieses schräg nach hinten abfallenden Segmentes verschoben. Hierdurch wird bewirkt, daß die Fäkalienkugeln nach hinten abgleiten und so die Lokomotion des Räumchens weniger behindern.

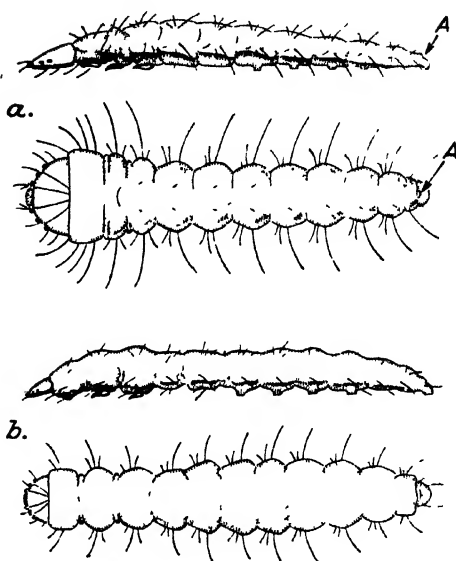


Abb. 3 Erwachsene Larven in Seitenansicht und Aufsicht
a = *L. coffeina*; b = *L. coffeella*. A = Analöffnung (24 fach)

Die Ausbildung der Körperextremitäten ist gleichfalls modifiziert. Während die Abdominalfußpaare eine starke Verkürzung erfahren haben, sind die Thorakalfüße rudimentär entwickelt. Als kleine gegliederte Zapfen mit einer winzigen Endkralle können sie in Hautvertiefungen gelegt werden, um die Vorwärtsbewegung im Miniergang nicht zu behindern. Die Lokomotion innerhalb des Blattes hat nur eine sehr geringe Bedeutung und wird deshalb hier auch mit anderen Mitteln ausgeführt als gewöhnlich. Infolge von Raumangel in der Vertikalebene ist den Larven nur ein Zusammenziehen und Strecken des Körpers möglich. Die Abdominalfüße und Nachschieber fixieren hierbei den Körper an den erreichten Punkten. Da die Vorwärtsbewegung beim Fressen stets durch das lebende Blattgewebe gehemmt wird, ist bei der Kontraktion eine Verankerung der Thorakalfüße unnötig, womit sie ihre eigentliche Funktion verloren haben und rudimentär geworden sind.

Die morphologischen Unterschiede der Larven beider Arten sind sehr gering und lassen sich ohne optische Hilfsmittel nicht feststellen. Das Räumchen von *coffeina* erreicht im letzten Stadium eine Länge bis zu 6 mm. Das erste Brustsegment ist die größte Körperbreite, die Kopfkapsel ist dementsprechend breit. Vom mittleren Brustsegment bis zum Abdominalende verjüngt der Körper sich stetig. Das letzte Thorakel- und erste Abdominalsegment bilden die höchsten Erhebungen in der Senkrechten, nach vorn und hinten flacht sich der Körper ab.

Die *coffeella*-Larve wird nur bis 5 mm lang. Ihr Bau ist nicht so ausgesprochen keilförmig; die Kopfkapsel und der ganze Brustabschnitt sind bedeutend schmaler. Die größte Körperbreite liegt im

zweiten bis fünften Abdominalring. Die ersten Brust- und letzten Abdominalsegmente sind nicht so flach wie bei *caffaina*.

Die morphologischen Unterschiede verschwimmen stark, wenn man Individuen vor und nach der Häutung vergleicht. Bei frisch gehäuteten Raupen ist die Kopfkapsel relativ breiter. Diese Tatsache bewirkt, daß zu diesem Zeitpunkt die *coffeella*-Larve eine starke Ähnlichkeit mit einer kurz vor der Häutung stehenden *caffaina* besitzt. Ein Blick auf den artspezifischen Miniergang gibt dem Pflanze aber stets eine genaue Auskunft.

b) Fraßtätigkeit

Die Raupen beider Arten minieren nur in der chlorophyllreichen Palisadenschicht; die obere Epidermis und das Schwammparenchym bleiben unverletzt. Es wurde beobachtet, daß Larven der Minierrfliege (*Oscinis coffeae*), welche nur von den Zellen der oberen Epidermis leben, und Minierraupen übereinander an der gleichen Stelle im Blatt ohne gegenseitige Störung fraßen.

Als Folgeerscheinung des Minierraupenfraßes trocknet die obere Epidermis ein und wird braun. Die Verwüstungen, welche im Blattinneren durch das Entfernen der Hauptassimilationsschicht angerichtet werden, sind meist so schwer, daß die darunterliegenden Parenchymschichten mit den Leitbündeln absterben. Es entstehen hierdurch braune Flecken, die sich bis zur Blattunterseite fortsetzen.

Beim Fraßprozeß bewegen die Raupen den Vorderkörper abwechselnd nach links und rechts, wobei jedesmal ein halbkreisförmiger Streifen der Palisadenschicht „abgemäht“ wird. Der Instinkt für eine Bewegung in der Senkrechten scheint bis kurz vor der Verpuppung nicht vorhanden zu sein, wie nachstehende Beobachtung zeigt. Werden anormalerweise Eier auf der Blattunterseite abgelegt, so schlüpfen die jungen Räupchen wie gewöhnlich in das Blattinnere und beginnen nun ihren Fraß diesmal aber am Schwammparenchym direkt unterhalb der Epidermiszellen, denen sie auch hier den Rücken zuwenden. Die Larven dringen jedoch niemals nach oben zur Palisadenschicht durch, obgleich sie im lockeren Schwammparenchym schon nach ein paar Tagen zugrunde gehen müssen.

Die Anlage und der Ausbau der Minen geschieht artspezifisch. An ihrer Farbtonung kann bereits äußerlich der Umfang und das Alter der einzelnen Teile festgestellt werden. Frisch minierte Stellen markieren sich als hellgrüne Flecken auf dem dunkelgrünen Kaffeeblatt. Wenn nach einigen Stunden die Epidermis abgestorben ist, verfärben sich diese Stellen olivgrün, um nach etwa 24 Stunden eine bräunliche Färbung anzunehmen. Nach einigen Tagen ist die Epidermis hellbraun geworden. Sie trocknet aber erst vollständig aus, wenn die Larven das Blattinnere verlassen haben und wird dann spröde und zerbricht bei Biegung oder Druck.

Sind die *caffaina*-Junglarven vom Ei in die Palisadenschicht gelangt, so fressen sie dicht nebeneinanderliegend gemeinsam in einer Richtung weiter. Demzufolge wird auf der Blattfläche eine hellgrüne Bahn von

5—10 mm Länge in Breite des Geleges sichtbar, die zuerst senkrecht von diesem wegstrebt. Selten nur teilt sich gleich zu Anfang die Gemeinschaft der Jungrauen in ein oder mehrere Fraßgruppen, die gleich vom Gelege aus in verschiedenen Richtungen fressen. Später pflegen sich auch diese Fraßgänge wieder zu vereinigen. Während der ersten Nacht oder erst im Laufe des nächsten Tages ändern die Räumchen die Fraßrichtung gemeinsam und führen ihren Miniergang in einem anderen Winkel fort. Von nun ab wird täglich ein oder mehrere Male die Minierichtung geändert, wobei die Larven im geschlossenen Verband den alten Fraßgang ein Stück zurückwandern und an einer anderen Stelle ihre Tätigkeit wieder aufnehmen. Mit dem Heranwachsen der Larven und dem damit steigenden Nahrungsbedarf haben schon nach wenigen Tagen die Minen an Breite bedeutend zugenommen. Da die Larven jetzt öfter ihre Plätze wechseln, wird aus dem ursprünglich schmalen Gang ein ausgedehnter, unregelmäßig gestalteter Fraßplatz. Im weiteren Verlauf nimmt der Gesellschaftstrieb allmählich ab, fast jeder Minenbewohner frißt nun für sich allein und trägt somit zum uneinheitlichen und flächigem Ausbau der Mine bei. Nach den anfänglichen schmalen Gängen der ersten Tage entsteht auf der Blattfläche ein unregelmäßiger Fleck mit gelappten oder bogigen Konturen, dessen Größe mit der Zahl der Bewohner schwankt. Seine Färbung zeigt alle Tönungen vom hellen Grün bis zum Braun. An der Verteilung der Farben ist der chronologische Ausbau der Mine genau erkennbar. Am Rande liegen uneinheitlich verteilt hellgrüne, also frisch minierte Gebiete, während im Zentrum und in Nähe der Eihüllen die braunen, älteren Teile zu finden sind. Eine

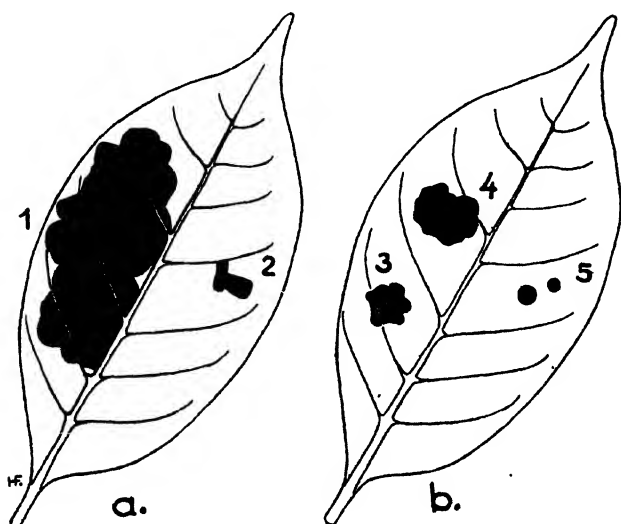


Abb. 4. Normale Blattminen. a = *L. coffeina*: 1 = Altes Mino, 2 = Neue Mine, zwei Tage alt; b = *L. coffeella*: 3 = Alte Einzelmine, 4 = Alte Doppelmine, 5 = Neue Minen, ein und zwei Tage alt

von den Raupen bereits verlassene Mine ist durch das Fehlen der hellgrünen Randbezirke erkennbar.

Der schwärzliche Kot der Raupen wird als kleine Kugeln in zeitlich kurzen Abständen ausgestoßen. Die Fäces werden in den Minen von einem Pilz befallen, der bei der Fruktifikation seine Konidien durch die abgestorbene Epidermis sendet, wo sie als hellgrau umwallte Punkte sichtbar werden. In das gesunde Blattgewebe dringt der Pilz augenscheinlich nicht ein.

Während die *caffeina*-Raupen in den ersten Tagen ausnahmslos Gemeinschaftsfraß betreiben, verbringt die *coffeella* ihre Larvenzeit meist allein, bedingt durch die Einzelablage der Eier. Wenn die *coffeella*-Junglarve in die Palisadenschicht gelangt, frißt sie von der Einbohrstelle aus das Blattgewebe nach allen Richtungen weg, indem sie immer größer werdende konzentrische Kreise um den Ausgangspunkt beschreibt. Erst im letzten Abschnitt der Larvenperiode wird dieses Prinzip aufgegeben, und die *coffeella* führt nun ebenfalls an wechselnden Punkten der bisher kreisrunden Mine eine unregelmäßige Fraßtätigkeit aus. Im Mittelpunkt dieser Kreismine ist die leere Eihülle zu finden. Da die in der Mitte gelegenen Teile am ältesten sind, hat hier die Epidermis bereits eine bräunliche Farbe angenommen. Die frisch minierte Peripherie ist ebenfalls hellgrün gefärbt. Im Endstadium entsteht aus dem Kreis ein mehr oder minder rundlicher Fleck mit verschieden stark gelappten Rändern und Ausbuchtungen. Dieser Umstand hat der Art die Bezeichnung „Fleckenminiermotte“ eingetragen. Durch das solitäre Leben der *coffeella* resultiert auch ein bedeutend kleineres Fraßbild (etwa 0,75 qcm), das durch den konzentrischen Aufbau der inneren Teile immer eine geschlossene Figur bildet, wogegen die gesellig lebenden *caffeina*-Raupen durch ihr wechselfrontiges Minieren eine stets stark gelappte, große Mine (etwa 10 qcm) erzeugen, welche bis zur Hälfte des Blattes einnehmen kann.

Werden zwei oder mehrere *coffeella*-Eier in größerer Nähe abgelegt, so treffen sich ihre Kreisminen früher oder später, ohne daß sich die Bewohner umeinander kümmern.

Die Miniertätigkeit ist an keine besondere Tageszeit gebunden. In Nächten über 15 ° C steht die Fraßleistung nicht hinter der des Tages zurück. Bei unmittelbarer Sonnenbestrahlung der Blätter ist das Verhalten der beiden Species verschieden. Während *coffeella* sich auch durch längste Einstrahlung kaum stören läßt, kriechen die Larven von *caffeina* in den heißen Mittagsstunden von den peripheren Fraßplätzen in die älteren Teile der Mine zurück, wo sie unter der bereits abgestorbenen Epidermis und den stärker angehäuften Exkrementen einen Schutz vor der Sonneneinwirkung suchen.

c) Nahrungsmenge

Die von den Raupen bis zur Verpuppungsreife benötigte Nahrungsmenge läßt sich flächenmäßig leicht bestimmen (Tabelle 2). Der Größen-

unterschied der beiden Arten von durchschnittlich einem Millimeter läßt eine Differenz in der Nahrungsmenge erwarten. So verbraucht *coffeella* im Durchschnitt 0,53 qcm der Palisadenschicht während der Larvenzeit. Die nur ein knappes Viertel längere *caffeina* hingegen ver-

Tabelle 2
Nahrungsmengen der Larven

<i>L. caffeina</i>			<i>L. coffeella</i>		
Minenfläche in qcm	Zahl der Larven	Blattfläche je Larve in qcm	Minenfläche in qcm	Zahl der Larven	Blattfläche je Larve in qcm
1,80	2	0,90	0,51	1	0,51
2,24	2	1,12	0,43	1	0,43
2,50	2	1,25	0,48	1	0,48
3,75	2	1,67	0,57	1	0,57
4,50	2	2,25 ¹⁾	0,42	1	0,42
4,62	2	2,31 ¹⁾	0,34	1	0,34
6,90	3	2,30 ¹⁾	0,40	1	0,40
4,50	3	1,50	0,44	1	0,44
4,25	3	1,42	0,60	1	0,60
5,38	3	1,79	0,46	1	0,46
6,53	3	2,17 ¹⁾	0,55	1	0,55
5,28	3	1,76	0,76	1	0,76 ¹⁾
5,10	3	1,70	0,72	1	0,72 ¹⁾
6,82	3	2,27 ¹⁾	0,59	1	0,59
6,12	3	2,04 ¹⁾	0,70	1	0,70 ¹⁾
9,00	4	2,25 ¹⁾	0,53	1	0,53
7,24	4	1,81	0,80	2	0,40
6,20	4	1,55	0,98	2	0,49
9,70	4	2,42 ¹⁾	1,05	2	0,53
8,00	5	1,60	1,18	2	0,59
7,76	5	1,55	1,00	2	0,50
8,74	5	1,76	0,94	2	0,47
8,54	5	1,71	1,10	2	0,55
10,10	6	1,68	1,26	2	0,63
19,30	8	2,41 ¹⁾	1,42	2	0,71
Durchschnitt: 1,81			Durchschnitt: 0,53		

tilgt das $3\frac{1}{2}$ fache, nämlich 1,81 qcm. Der unverhältnismäßig größere Nahrungsbedarf der *caffeina* macht sich daher bei einer Massenvermehrung viel früher und empfindlicher am Blattwerk bemerkbar als bei einem gleichstarken Auftreten von *coffeella*. Infolge der größeren Eigelege kommt es hier schnell zum Totalverlust des Blattes, während die kleinen Minen der *coffeella* bei gleicher Befallsstärke seltener ein Abwerfen des Blattes verursachen.

Bei beiden Arten schwankt die verzehrte Blattmenge individuell recht beträchtlich. Bei *caffeina* bewegen sich die gemessenen Werte zwischen 0,90 und 2,42 qcm, bei der *coffeella* zwischen 0,34 und 0,76 qcm je Larve. Kleine individuelle Schwankungen innerhalb enger Grenzen lassen sich immer als Folgeerscheinung physiologischer Wachstumssteuerung deuten. Bei den *Leucoptera*-Raupe spielen jedoch noch andere Faktoren eine große Rolle. Diese Einflüsse bewirken, daß die

¹⁾ Junges, noch wachstumsfähiges Blatt.

vom einzelnen Individuum benötigte Blattfläche um das 2,8fache, bzw. 2,2fache schwanken kann. Als derartig einflußreiche Größen kommen das Alter und der Wassergehalt der Blätter in Frage.

d) Anormale Miniertaktik

Der Wasserreichtum des Kaffeeblattes ist abhängig von der Wassermenge, die dem Baum im Erdboden zur Verfügung steht. Diese hängt von der Konsistenz des Bodens, der Lage der Pflanzung und der jahreszeitlichen Witterung ab. Ferner spielen Bodenbedeckung und Beschattung eine Rolle. Ein hoher Wassergehalt macht sich äußerlich durch ein „gesundes“ Aussehen der Blätter bemerkbar; d. h. sie haben eine dunkelgrüne Farbe mit starkem Fettglanz und stehen mehr oder minder waagrecht von den Zweigen ab. Die wasserarmen Blätter hängen senkrecht mit der Spitze zur Erde gerichtet und bieten der Sonne nur eine geringe Angriffsfläche. Sie sind bedeutend heller und haben nicht den starken Fettglanz. Dieser Anblick ist zu heißen und trockenen Zeiten eine häufige und bekannte Erscheinung in den Kaffeepflanzungen, welche keine Schattenbäume haben. Sie machen hierdurch einen „welken“ Gesamteindruck. Der Wassermangel läßt sich gewichtsmäßig feststellen. Auch haben diese Blätter einen dünneren Querschnitt.

1. Wundkallusbildung im Blatt

An gut beschatteten Sträuchern der Sorte Bourbon, welche auch in den heißesten Monaten nie unter Trockenheit zu leiden hatten, konnte die Beobachtung gemacht werden, daß ihr Wasserreichtum einen nachteiligen Einfluß auf die Miniertätigkeiten der *caffena*-Raupe haben kann. Der Tatbestand dabei war folgender: Sobald die jungen Larven einen gemeinsamen Gang vom Eigelege weg in die Palisadenschicht fraßen, kam es in vielen Fällen nach 1—3 Tagen zu Stockungen und zum vollständigen Aufhören ihrer Tätigkeit. Die bereits geschaffene Mine behielt ihre hellgrüne Färbung, schwoh an und erhob sich plastisch über die Blattfläche. Wurde der Gang geöffnet, so fand man die Larven tot an ihren Fraßplätzen liegen. Unter dem Mikroskop ließ der Querschnitt einer derartig aufgetriebenen Mine erkennen, daß es sich um Zellwucherungen handelt. Durch die Zerstörung der Palisadenzellen wird das darunter liegende Parenchymgewebe angeregt, Wundkallus zu bilden. Diese besonders großblumigen und chlorophyllfreien

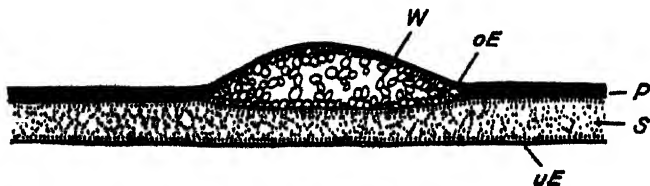


Abb 5 Querschnitt eines Larvenganges im Kaffeeblatt mit Wundkallusbildung (40 fach)
OE, UE = obere, untere Epidermis; P = Palisadenschicht, S = Schwammparenchym,
W = Wundkalluszellen

Zellen füllen in loser Struktur den Querschnitt des Larvenganges und wölben die Epidermis in die Höhe, die in diesem Fall nicht abstirbt. Im Schutze des Wundkallus bleibt das Schwammparenchym ebenfalls lebensfähig. Dieser Vorgang der Minenvergallung muß als Abwehrreaktion des Blattes angesprochen werden. Bei günstigen Wasserverhältnissen ist also der Kaffeebaum in der Lage, in schnellerem Tempo Kalluszellen zu bilden, als es den Jungraupen möglich ist, Palisadengewebe zu vernichten. Wenn im Kampf Tier gegen Pflanze die Fraßtätigkeit der Zellregeneration unterliegt, wird den Larven der nötige Raum zum Atmen genommen und sie müssen in dem wasserreichen Gewebe buchstäblich ertrinken. Gelingt es jedoch zur kritischen Zeit den schmalen Miniergang zu verbreitern und die Palisadenschicht auf größerer Fläche zu entfernen, so kann das Blatt diese Lücke nicht mehr überbrücken. Die Larven sind gerettet und können ihren Fraß normal und ohne jede weitere Behinderung fortsetzen. Dieser Vorgang drückt sich auf der Blattspreite durch eine gallig aufgetriebene Anfangsmine aus, an die sich eine normale Flächenmine anschließt. Der in den Gängen entstandene Wundkallus bleibt nicht während der ganzen Lebensdauer des Blattes lebendig. Nach einigen Wochen verkorken die Zellen und werden braun. Kaffeesträucher, die nicht unter optimalen Wasserbedingungen leben, haben nicht die Fähigkeit Wundkallus zu bilden und damit der Miniertätigkeit entgegen zu arbeiten.

Der Verlust, den die *caffcina*-Raupen durch diese Regenerationsfähigkeit erleiden können, ist nicht belanglos. Zählungen innerhalb verschiedener Felderblocks einer Pflanzung ergaben, daß hierdurch bis 55 % der Larvengemeinschaften in den Anfängen ihrer Tätigkeit vernichtet wurden. Durchschnittlich in weiteren 20 % wurde von den Raupen die Vergallung überwunden. In den übrigen Fällen (25 %) trat keinerlei Behinderung durch Wundkallus ein.

In diesem Zusammenhang sei ferner auf einen für die Larvenentwicklung hemmenden Faktor aufmerksam gemacht, dessen Ursachen bislang als ungeklärt gelten müssen. Bei den Untersuchungen von Blattminen zur Festlegung der Parasitierungshöhe fiel auf, daß sehr oft ein Teil der *caffcina*-Larven in den normalen Gemeinschaftsminen auch ohne jeden erkennbaren Einfluß im Laufe der Entwicklung abstarb. Bei einer Zählung von 300 Gelegen mit 1982 Eiern auf Blättern verschiedener Bäume waren nur 829 verpuppungsreife Larven (41,8 %) geschlüpft. Die übrigen 1153 Raupen (58,2 %) waren im Laufe der Fraßperiode zugrunde gegangen. Larvenmumien aller Größen lagen auf dem Minenboden. Bei 27 Gelegen oder 9 % gelangte überhaupt kein Tier zur Verpuppung. Die gleichmäßige Verteilung der Ausfälle läßt den Gedanken an eine epidemische Krankheit zurücktreten. Die Bäume wiesen alle einen gesunden Wuchs, sowie normale Blattbildung und Farbe auf, so daß die Einwirkung abiotischer Faktoren wahrscheinlich wird. Die begleitenden Umstände deuten darauf, daß die Minierlarven durch Überhitzung starben, weil sie in den feuchtigkeitsgesättigten Minen ihre

Körpertemperatur nicht mehr durch Wasserabgabe regeln konnten. Die tödliche Wirkung von großer Hitze in dunstgesättigten Bohrgängen wurde bereits für die Larven von Borkenkäfern von SCHIMITSCHEK (1931) nachgewiesen.

2. Geringer Wassergehalt im Blatt

Während die bereits beschriebene Miniertaktik eine allgemeine Gültigkeit für Blätter mit normalem und wenig verändertem Wasserhaushalt hat, wird die Minierweise mit weiterem Absinken des Wassergehaltes geändert. Die arteigentümliche Minierweise der Junglarven wird hierbei nur in geringerem Maße betroffen. Der genaue Zeitpunkt für den Eintritt der veränderten Fraßmechanik läßt sich nicht einwandfrei angeben, da die Veränderung im gleichen Maße vorangeht wie der Wassergehalt abnimmt.

Der Wechsel der Miniertaktik drückt sich durch Aufgabe des flächigen Fraßes mit oftmaliger Änderung der Fraßplätze zugunsten von fortlaufenden, schmalen Miniergängen mit unregelmäßigen Windungen aus. Die *caffèina*-Raupen verlieren hierbei frühzeitig ihren Ge-

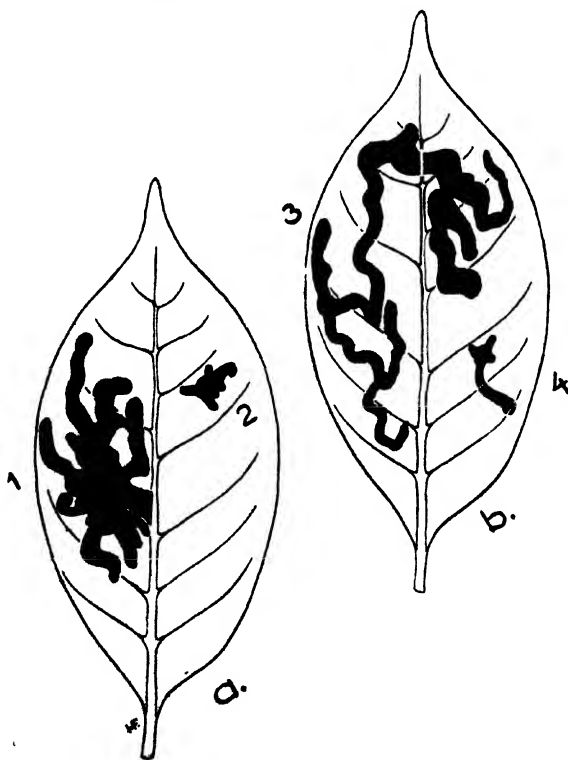


Abb. 6. Anormale Blattminen. a = Wasserarmes Blatt: 1 = *L. coffèina*, 2 = *L. coffèella*; b = Junges, noch wachstumstüchtiges Blatt. 3 = *L. coffèina* 4 = *L. coffèella*

selligkeitstrieb. An Stelle des einheitlich geschlossenen Fraßbildes entsteht eine mehr oder minder sternförmige Zeichnung, wobei die ausstrahlenden Gänge eine große Unregelmäßigkeit zeigen, sich kreuzen und wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurücklaufen können. Die anormale Anlage der Minen kommt bei beiden Arten vor; jedoch geht die Raupe von *coffeella* erst dazu über, wenn der Wassermangel bereits einen höheren Grad erreicht hat. Gleichzeitig läßt sich feststellen, daß die Fraßtätigkeit der Raupen eine Beschleunigung erfährt, wobei größere Nahrungsmengen in der Zeiteinheit aufgenommen werden. Ferner wird je Raupe mehr Blattfläche als in einem normalen Blatt vernichtet. Die Raupen haben also das Bestreben durch beschleunigten Fraß an den Punkt zu gelangen, von wo ab eine Verpuppung möglich ist. Die gesteigerte Freßlust stellt demnach eine Art Schutzmaßnahme dar.

3. Junges Blatt

Eine veränderte Miniertaktik wenden die Larven ferner auch in noch wachsenden Blättern an. Es sei aber bemerkt, daß die ganz kleinen, gelbgrünen Blättchen in unmittelbarer Nähe der Vegetationspunkte nie mit Eiern belegt werden; erst die drei Viertel erwachsenen Blätter von mittelgrüner Farbe werden bei starkem Befall zeitweise bereits berücksichtigt. In diesen noch teilungsfähigen Zellverbänden geht die Miniertätigkeit der Larven in ähnlicher Form vor sich, wie in den wasserarmen Blättern. Die Raupen von *caffèina* schreiten nicht erst zur Anlage einer flächigen Mine, sondern bauen vom Gelege weg ein oder mehrere Gänge, die sich in sehr unregelmäßigen Windungen über die ganze Blattspreite ausdehnen. Die *coffeella*-Larven verändern ihr Minenbild in gleicher Weise, jedoch konnten derartig geschnörkelte Extremata nicht festgestellt werden. Bei beiden Arten ist auffällig, daß der Bedarf an Blattfläche steigt, je jünger die Blätter sind. In Tabelle 2 ist gezeigt, daß die vertilgte Blattfläche je Larve bei *caffèina* auf das 2,8fache und bei *coffeella* auf das 2,2fache der normalen Menge ansteigt. Da der Querschnitt junger Blätter — wie im Falle der „wasserarmen“ Blätter — dünner als normal ist, muß die Raupe eine verhältnismäßig größere Fläche ausnutzen.

Die Gründe, welche die Minierraupen veranlassen, in jungen sowie in wasserarmen Blättern ihre Miniertaktik zu ändern, sind noch nicht vollständig geklärt. Nach den Beobachtungen scheint die geringere Höhe des dünnen Blattes die Bewegungsfreiheit der Larven zu vermindern, wodurch sie verhindert werden, einen Flächenfraß auszuführen. Die Höhe des Chlorophyllgehaltes der Blätter ist dabei ohne Einfluß. In panaschierten Blättern und in solchen, deren Chlorophyll infolge einer Krankheit (z. B. Kaffeerost) vor dem Abwurf zurückgezogen wurde, verläuft der Larvenfraß in normalen Bahnen, sofern der Wassergehalt sich nicht ändert.

e) Fraßperiode

Die Länge der Fraßperiode, die fast gleichbedeutend mit der Dauer der Larvenzeit ist, wird durch Faktoren verschiedenen Ursprungs be-

stimmt. Die Verkürzung des Larvenstadiums durch Herabsinken des Wassergehaltes im Blatte wurde bereits erwähnt. Die den Stoffwechsel regulierende Außentemperatur hat den Haupteinfluß auf die Larvenperiode, wobei wieder das schwer bestimmbar, Mikroklima der einzelnen Regionen des Kaffeebaumes die ausschlaggebende Rolle spielt. Ferner sind noch individuelle Schwankungen zu berücksichtigen. Eine genaue Messung aller dieser Faktoren war im Rahmen des Arbeitsprogramms nicht möglich; es können daher nur verallgemeinerte Werte angegeben werden. In den heißen Monaten mit einem Temperaturmittel von 22,0 bis 23,5 °C schwankte die Länge der Larvenzeit zwischen 11 und 18 Tagen. Welche Bedeutung dem Mikroklima zufällt, zeigt die Beobachtung, daß am gleichen Strauch zur selben Zeit die Dauer um drei Tage und mehr differieren kann. Unter Laborbedingungen sank die Larvenzeit bei 25,0 ° auf 10 Tage. In den kühlen Regenmonaten mit einer Durchschnittswärme von 18,5—20,0 ° stieg die Larvendauer auf 15—24 Tage an und lag im Mittel bei 19 Tagen.

f) Verpuppungsort

Zur Verpuppung verlassen die Minierraupen das Blattinnere, wozu sie am Minenrand einen halbkreisförmigen Einschnitt mit dem Durchmesser von 1 mm in die obere Blattepidermis vollführen. Durch diesen Spalt kriechen sie hinaus und bewegen sich sofort zum Blattrand. Die Raupen von *caffeina* spinnen sich von den oberen Blättern auf die unteren ab. Bei den *coffeella*-Larven ist dieser Abseiltrieb nur im geringeren Maße ausgeprägt. Die *caffeina*-Raupen haben in jedem Falle das Bestreben in Erdbodennähe zu gelangen. Hierbei scheuen sie sich nicht, aus tiefstem Schatten kommend eine größere besonnte Fläche zu überqueren. In Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß *caffeina*-Raupen, welche auf einem der unteren Blätter angelangt waren und mit der Verpuppung beginnen wollten, sich sofort zum Abseilen anschickten, sobald das Blatt wieder in eine größere Höhe (1,50 m) gebracht wurde. Für die Orientierung der Larven mögen hierbei neben der Phototaxis auch der Luftdruck eine Rolle spielen.

Die spezialisierte Struktur der Miniermottenlarven bewirkt, daß sich ihre Vorwärtsbewegung außerhalb des Blattes vom Kriechen nicht-minierender Raupen unterscheidet. Hat die Larve das Abdomen angezogen und die Nachschieber aufgesetzt, so schiebt sie den Kopf nicht dicht über dem Substrat nach vorn, sondern richtet zuerst den ganzen Vorderkörper schräg auf, streckt ihn und senkt ihn dann auf die Unterlage. Die Bewegung stellt somit eine Zwischenstufe vom gewöhnlichen Kriechen einer Raupe und der Lokomotionsart einer Spannerraupe dar.

Die *Leucoptera*-Raupe bevorzugt zur Verpuppung die Blattunterseite, d. h. einen vom Tageslicht abgewandten Platz. Ein Teil der *coffeella*-Larven verpuppen sich auch auf der Blattoberseite, sofern diese nicht dem direkten Sonneneinfall ausgesetzt ist. Außerdem wandern die verpuppungsreifen Larven beider Arten auch auf alle Unkräuter und

Bodenbedeckungspflanzen über, sofern sie horizontale Blattspreiten haben und Schatten spenden. In allen beobachteten Fällen schlüpfen die Larven nur während der Tagesstunden — hauptsächlich in der Mittagszeit — aus den Blättern, so daß ihnen eine Auswahl des Platzes nach optischen Gesichtspunkten möglich war.

Sobald die Raupe eine geeignete Blattfläche gefunden hat, sucht sie sich darauf eine flache Mulde zwischen zwei Seitenrippen, um dort ihr Gespinst anzulegen. Für den Bau des Puppenkokons legt sich die Raupe immer so in die Blattvertiefung, daß jederseits in ihrer Längsachse ein erhöhter Rand vorhanden ist, an dem sie das Gespinst befestigen kann. Während des ganzen Spinnvorganges behält die Larve ihre einmal gewählte Lage bei. Nur einige Male wendet sie sich um 180° , um den abdominalen Teil des Kokons zu bauen.

g) Kokonbau

Die Spinntätigkeit beginnt mit der Verfertigung von Stützfäden über der Muldengrund. Zu beiden Seiten des Tieres entsteht hierdurch eine lockere Wand aus weißen Spinnfäden. Darauf fängt die Larve den Bau eines ebenen Schutzdaches für den eigentlichen Kokon an. Dieses hat eine H-förmige Gestalt und spannt sich vom vorderen zum hinteren Rand der Mulde. Es wird in 4 Teile gearbeitet, wobei sich die Larve auf die zuerst gesponnenen Seitenfäden stützt und vom Rande zur Muldenmitte dicht nebeneinander liegende Fäden zieht. Da die Raupe beim Spinnvorgang nur 2 Stellungen einnimmt, kann ein körperbreiter Spalt an jedem Ende längs der Mittelnäht nicht geschlossen werden, wodurch das Dach seine H-förmige Gestalt erhält. Als letztes erfährt das Schutzdach eine seitliche Verankerung durch kurze, senkrecht verlaufende Stützfäden zum Muldengrund. Das Räupchen zieht sich nun gänzlich unter das Dach zurück und baut durch schräg aufwärts Pendeln des Vorderkörpers die seitlichen Stützfäden zu einem zeltartigen äußeren Kokon aus, der jederseits nur an 2 Stellen mit der Decke verbunden wird. Hieran schließt sich als letzter Bauabschnitt die Anfertigung des inneren Kokons, der eigentlichen Puppenwiege, die als spindelförmiger Schlauch in dem äußeren Kokon liegt. Hierbei wird in der ersten Arbeitsphase die Gestalt der Kokonspindel durch Spannen von Längsfäden festgelegt. Dann schafft die Raupe eine dicke Lage ringartig angeordneter Fäden als feste Verbindung der Spindel. Der innere Kokon ist bedeutend dichter als der äußere gesponnen und übertrifft an Festigkeit auch das Schutzdach. Der Spindelkokon besitzt vorn und hinten je einen schmalen Schlitz, der mit dem Mittelspalt des Daches zusammenfällt.

Der Beschauer sieht von dem ganzen komplizierten Puppenkokon nur das weiße H des Schutzdaches, das bei *caffeina* eine durchschnittliche Länge von 7 mm bei einer Breite von 3 mm aufweist. Das Gespinst von *coffeella* ist etwa $\frac{1}{4}$ kleiner.

Der ganze Spinnprozeß dauert $5\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$ Stunden. Die Larve läßt sich dabei weder durch unmittelbare Sonnenbestrahlung noch durch den

Eintritt der Dunkelheit stören. Während die äußeren Kokonteile in einem Zug angefertigt werden, legen die Raupen beim Bau des inneren Kokons verschiedene Ruhepausen ein, die gegen Ende immer häufiger werden. Der für das Puppengespinst benötigte Seitenfaden hat eine durchschnittliche Länge von über 43 m.

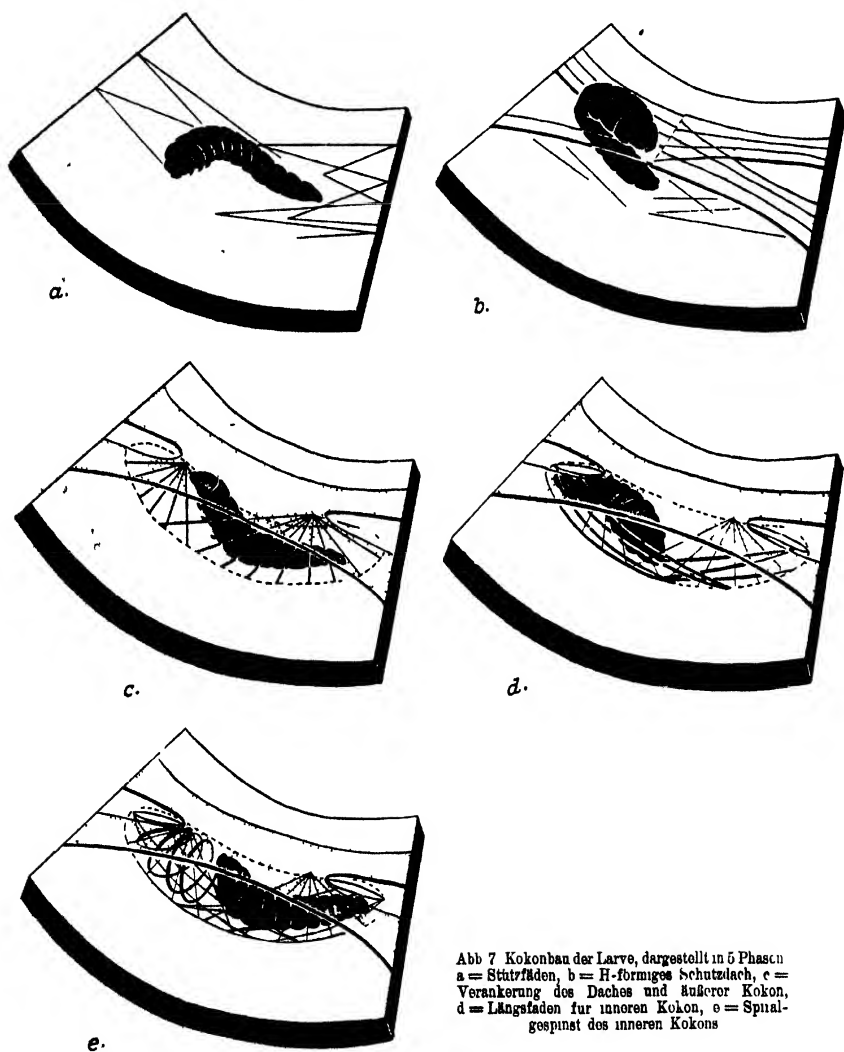


Abb 7 Kokonbau der Larve, dargestellt in 5 Phasen
 a = Stützstrahlen, b = H-förmiges Schutzdach, c =
 Verankerung des Daches und äußerer Kokon,
 d = Längsfäden für inneren Kokon, e = Spinn-
 apparat des inneren Kokons

Wird die Larve nach Beendigung des Gespinnstes daraus entfernt, so ist sie nicht mehr in der Lage, ein zweites anzufertigen. Sie baut dann nur noch einen dünnen Schlauch, der dem inneren Kokon entspricht.

Nach Vollendung des Puppenkokons bleiben die Raupen darin regungslos liegen. Durch Einschrumpfen des Körpers wird die Verpuppung vorbereitet.

III. Puppe

Die Präpupalzeit der Miniermotten ist kurz; noch am gleichen Tage oder während der Nacht, nach Verlassen des Fraßplatzes findet die Verpuppung statt. Die letzte Larvenhaut wird von der Puppe über das Abdominalende abgestreift, wo sie entweder im inneren Kokon liegen bleibt oder durch den hinteren Spalt hinausgeschoben wird. Die anfangs weiße Puppe ist nach einigen Stunden leicht gräulich ockerfarben getönt; nur die Dorsalseite bleibt fast weiß. Die Puppe ist von schlanker Zylindergestalt. Ihre Größe ist sehr verschieden. Sie schwankt bei *caffena* zwischen 2,2 und 3,3 mm und bei *coffeella* zwischen 1,6 und 2,5 mm.

Die Puppenzeit verkürzt sich mit Ansteigen der Außentemperatur. Sie dauert in der heißen Zeit 7—8 Tage gegenüber 9—11 in den kühlen Regemonaten.

Am Ende der Puppenruhe schlüpft die Motte durch den Schlitz an der Kopfseite des Kokons. Die leere, opalisierende Puppenhülle bleibt im Spalt des Gespinstes stecken. Die Imagines wählen für den Schlüpfvorgang hauptsächlich die ersten Stunden des Tages.

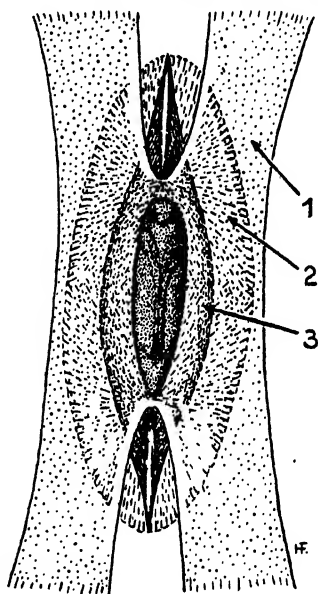


Abb. 8. Puppe im Kokon, Aufsicht (8fach). 1=Schutzdach, 2=Äußerer Kokon, 3=Innerer Kokon

IV. Imago

a) Unterscheidungsmerkmale

Während die Larven und Puppen keine großen morphologischen Unterschiede aufweisen, differieren die Imagines der beiden Arten in Aussehen und Lebensweise stärker voneinander.

In der Ruhestellung sind alle Extremitäten einschließlich der Antennen dicht an den Körper gelegt und werden von den Vorderflügeln verdeckt. Außer diesen kann in der Aufsicht am Vorderkörper nur noch das Schildchen, der Prothorax und jederseits davon das breite erste Antennenglied erkannt werden, welches sich über die Augen legt. Bei der *coffeella* wird außerdem noch der Dorsalrand des nach unten gebogenen Kopfes sichtbar, der bei der *caffena* einen großen weißen Haarschopf trägt. Die Grundfarbe beider Arten ist rein weiß mit einem leichten goldigen Schimmer, der an den Extremitäten und an der Unter-

seite deutlicher wird. Bei der *coffeella* sind fernerhin die Hinterflügel schwach grau gefärbt.

Das deutlichste Unterscheidungsmerkmal der Motten bildet die Zeichnung auf den Vorderflügeln. Die Grundelemente dieser Zeichnung sind in beiden Fällen jederseits ein ovaler grauer Fleck nahe der Mittellnaht, ein Viertel Flügellänge von der Spitze entfernt, sowie zwei von der Mitte der Vorderkante auf diese Fleckenmakel schräg zulaufende gelbliche Binden mit braunen Konturen. Die Flecken und Binden sind bei der *coffeella* stets deutlich ausgeprägt und kräftig in der Farbe, während sie bei der *caffcina* immer schwach sind und vielfach im weiblichen Geschlecht fast gänzlich fehlen können. Bei *caffcina* ist die Region um die Flecken rein weiß mit Ausnahme eines kleinen gelben Punktes oberhalb derselben. Vom inneren Ende der ersten Binde zieht sich nur noch ein brauner Strich im Bogen zur Flügelspitze.

Das äußere Viertel des *coffeella*-Flügels ist dagegen grau getönt und besitzt vier dunkle, meist braune Querbinden, von denen die zweite die gelben Binden an Breite übertrifft. Die braune Binde biegt außerdem an der Mittellnaht im spitzen Winkel nach vorn um und läuft daran entlang bis zu den dunkelgrauen, auch teilweise schwarzen Fleckenmakeln. Die kräftigere Zeichnung und die Mehrzahl der vorhandenen Querbinden im dunklen äußeren Flügelviertel der *coffeella* sind ein ausreichendes Merkmal, um beide Arten in jedem Fall trennen zu können.

Weiterhin ist ein artlicher Größenunterschied vorhanden, der sich am deutlichsten bei der Längenmessung der Tiere in Ruhestellung ausdrückt, wie man die Motten antrifft. So liegt die Größe der normalen *caffcina*-Imagines zwischen den Extremwerten 3,2 und 4,2 mm, während die *coffeella*-Motten nur eine Länge von 2,0—3,0 mm erreichen. Der Mittelwert liegt bei 3,7 bzw. 2,6 mm mit einer Streuung (Standardabweichung) von $\pm 0,28$ bzw. $\pm 0,24$ ¹⁾.

Bei beiden Arten besteht noch außerdem ein Sexualdimorphismus in der Körpergröße. Die Masse der Weibchen ordnet sich mit großer Mehrzahl in den maximalen Teil der Größenskala ein, während die Minimalwerte nur von Männchen erreicht werden.

Die normalerweise schöne Abgrenzung der Größenunterschiede bietet wegen der oftmals auftretenden Mottenzwergformen kein sicheres Merkmal für die Artentrennung. Zwerge entstehen bei beiden Arten und gehen beträchtlich unter die Minimalgrenze hinaus. Sie legen ebenfalls Eier, wenn auch nur in geringerer Zahl. Zwergmotten entstehen, sofern die Larven gezwungen sind, das Kaffeeblatt vor Beendigung der Fraßperiode

¹⁾ Streuung oder Standardabweichung (σ) ist der Bereich um den Mittelwert (M), in welchem zwei Drittel aller Beobachtungswerte (m) liegen. Die Berechnung geschieht nach dem Gesetz von BERNOULLI:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 (m_1 - M)^2 + n_2 (m_2 - M)^2 + \dots + n_k (m_k - M)^2}{z}}$$

n_1 = Häufigkeitsfaktor des Beobachtungswertes m_1 ,
 z = Gesamtzahl der Beobachtungen.

zu verlassen und sich zu verpuppen. Dieser Umstand tritt ein, wenn die zur Verfügung stehende Blattfläche aufgefressen ist. Sei es, daß bei einer starken Kalamität zu viele Larven in einem Blatte lebten, oder der Weg zur restlichen grünen Blattfläche durch eine alte und vertrocknete Fraßstelle versperrt ist. Ein starker Kaffeerostbefall kann in gleicher Weise die Minierraupen zum Auswandern bzw. Absterben zwingen, was jedoch für die Praxis keinen Vorteil bedeutet. Unter dem Einfluß des Hungers gegen Ende des Raupenstadiums wird in allen diesen Fällen die Metamorphose beschleunigt (HOFMANN, 1934).

b) Lebensäußerungen

Die *Leucoptera*-Motten sind sehr träge Wesen. Den größten Teil des Tages verharren sie in Ruhestellung an einem schattigen Ort im unteren Teil des Kaffeestrauches, meist an der Unterseite eines Blattes. Zur Feststellung der Motten in einem Kaffeebestand schlägt man leicht gegen diese Zweigpartien, um die Motten so zum Auffliegen zu bringen. Bei Störung fliegt *caffeina* gewöhnlich nur ein kleines Stück und läßt sich dann gleich wieder in Ruhestellung nieder. Die *coffeella*-Imagines hingegen sind bedeutend fluglustiger und benötigen zum Auffliegen nur einen geringeren Reizwert. Auch werden von ihnen durchschnittlich größere Strecken zurückgelegt. Die Flugbahn der Motten ist sehr unregelmäßig und besteht in der Mehrzahl aus kleinen Kreisen. Die Flughöhe ist nicht bedeutend, in der Hauptsache fliegen sie zwischen den Kaffeesträuchern umher oder in geringem Abstand über denselben. Die zurückgelegten Entfernungen sind nur sehr gering, große freie Strecken werden normalerweise nicht aktiv überflogen.

Die *coffeella*-Motte besitzt eine große Scheu vor Schatten und begibt sich daher nie in gut beschattete Bestände. Umgekehrt macht die *caffeina* vor besonnten Beständen Halt und bevorzugt den dichten Schatten. In dieser Eigenschaft der Imagines ist die Ursache für die artspezifische Verteilung der Larven auf besonnte und nicht besonnte Lagen zu suchen.

Bei der *coffeella* konnte beobachtet werden, daß die Imagines in den frühen Morgenstunden ganz erstarrt von der Nachtkälte am Erdboden unter den Kaffeesträuchern saßen und erst mit dem Aufsteigen der Sonne sich wieder in das Blattwerk des Strauches begaben, wo sie bis zum Nachmittag ruhig verharrten. In den beschatteten Pflanzungen zeigten die *caffeina*-Motten kein derartiges Verhalten zu Tagesanbruch, sondern blieben immer im Blattwerk.

Während der letzten Tagesstunden — etwa nach 4 Uhr bis Sonnenuntergang gegen 6 $\frac{1}{2}$ Uhr — herrscht bei beiden Arten eine lebhafte Flugtätigkeit, die im starken Gegensatz zum Verhalten während der übrigen Zeit steht. In diesen Nachmittagsstunden findet die Annäherung der Geschlechter statt. Die Tiere fliegen sehr erregt zwischen den Kaffeepflanzen umher, lassen sich für kurze Zeit auf ein Blatt nieder, laufen darauf suchend umher, indem sie die Flügel auf und zu klappen und lebhaft mit den Antennen spielen. Hat sich in der Luft oder auf dem

Substrat ein Paar gefunden, so beginnt es mit einem Liebesspiel, dem sich die Kopulation anschließt.

Beim Liebesspiel umschwirren sich die Partner einige Zeit und fliegen dicht beieinander in engen Spiralen in der Nähe der Sträucher auf und ab. Plötzlich lassen sie sich auf einem Blatt nieder, wo sie durch Zusammenpressen der Abdominalenden die Copula vollziehen. In den ersten Minuten schlagen die Tiere dabei lebhaft mit den Flügeln und vibrieren mit den erhobenen Antennen. Zeitweise bewegen sie sich gemeinsam im Kreise umeinander oder laufen hin und her. In dieser Phase trennen sich die Motten bei der geringsten Störung und beginnen den Begattungsakt von neuem nach einem kurzen Spiel in der Luft. Im späteren Stadium der Vereinigung bleiben die voneinander abgewandten Partner mit zusammengeklappten Flügeln und leicht erhobenen Abdominalenden ruhig sitzen. Die Kopulation dauert durchschnittlich eine Stunde und wird ungestört auch nach Eintritt der Dunkelheit fortgeführt. Hernach sind die Tiere sehr ermattet; sie laufen ein Stück auseinander und verharren dann in Ruhestellung. Die Begattung der Miniermotten findet nur einmal im Leben statt. Die Weibchen, welche am Morgen schlüpfen, führen sie am Abend desselben Tages aus.

c) Eiablage

Im Laufe der folgenden zwei Tage findet die Eiablage statt. Die *caffeina*-Motte heftet an der Oberseite eines Kaffeeblattes je ein bis zwei Gelege mit durchschnittlich sechs Eiern. Das *coffeella*-Weibchen hingegen belegt ein Blatt mit nur ein bis vier einzelnen Eiern; dadurch verteilt sich die Eimenge bei ihr auf eine größere Zahl von Blättern. Der Modus der artspezifischen Eiverteilung bedingt, daß eine flächenmäßige Ausbreitung der *coffeella*-Motte viel schneller geschehen kann, als es der *caffeina* möglich wäre. Andererseits werden durch Häufung der *caffeina*-Larven größere Schäden und Ausfälle am Blattwerk verursacht. Eine im Blatt einzeln auftretende *coffeella*-Raupe bedeutet keine nennenswerte Störung und nie einen Totalverlust des Blattes.

Im Höhepunkt einer Miniermottengradation können die Regeln der Eiverteilung nicht mehr eingehalten werden. Die Tiere müssen sich auf weniger Blätter beschränken, die dann sogar mehrfach belegt werden. Von der *caffeina* wird allgemein der untere Teil des Kaffeestrauches zur Eiablage bevorzugt. Die *coffeella* macht diese Unterscheidung nicht und belegt alle Regionen der Pflanze gleichmäßig. An dicht behäuterten Bäumen (Sorte Bourbon) meidet sie jedoch die niedrigen Zweige, sofern diese vollen Schatten erhalten.

Die Zahl der vom *caffeina*-Weibchen abgelegten Eier schwankte in meinen Zuchten zwischen 24 und 78 Stück. Diese Werte liegen unter dem Durchschnitt, der nach mündlicher Versicherung von KIRKPATRIK, Amani, und NOTLEY, Lyamungu, sich für Ostafrika bei etwa 200 bewegen soll. Für die Eizahl der *coffeella* können keine genauen Werte angegeben werden. Allgemein muß bei Miniermottenzuchten die Er-

fahrung gemacht werden, daß auch unter besten Bedingungen die Weibchen sehr schwer zur Eiablage zu bewegen sind. Viele Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Legetätigkeit von bestimmten mikroklimatischen Bedingungen abhängig ist, deren Ausmaße sehr eng gezogen scheinen. Genaue Grenzen müssen bislang als unbekannt gelten. Dergleichen bleibt die Frage offen, ob noch eine anderweitig begründete Sterilität bei der Legemüdigkeit der Motten eine Rolle spielt.

Nach der Eiablage bleiben die Weibchen noch weitere zwei bis drei Tage am Leben. In den warmen Monaten beträgt die Lebensdauer der Imagines etwa sechs Tage. In den kühlen Zeiten leben sie einige Tage länger; als Höchstwert wurden 12 Tage im Regenmonat April gemessen.

Eine Nahrungsaufnahme findet bei den *Leucoptera*-Motten nicht mehr statt. Ob die Zuchtbehälter vollständig trocken blieben oder den Motten schwaches Zuckerwasser in Wattehäuschen oder fein zerstäubt auf den Blättern gegeben wurde, war ohne Einfluß auf die Länge des Lebens und die Legetätigkeit. Von der dargereichten Feuchtigkeitsquelle nahmen die Imagines keine Notiz.

V. Lebenszyklus und Generationsdauer

Die Literaturangaben über die Dauer einer Miniermottengeneration gehen weit auseinander (MORSTATT, NOTLEY). Beobachtungen unter Berücksichtigung der herrschenden Temperaturen liegen nicht vor. Zur Klärung dieser für die Bekämpfung so wichtigen Frage wurden Freilandzuchten von *L. coffeina* Washb. mit Temperaturregistrierung sowie genauer Beachtung der natürlichen Witterungsbedingungen an erwachsenen Kaffeebäumen (Bourbon) im Laufe von vier Monaten, d. h. von der heißen Zeit (Februar) bis fast an das Ende der Regenzeit (Mai) ausgeführt. Tabelle 3 gibt hiervon die empirischen Werte.

Wie zu erwarten, wirkt das kühle Wetter der Regenmonate hemmend auf die Entwicklung der Motten ein. Findet in den warmen Monaten die Eiablage am ersten und zweiten Tag nach dem Schlüpfen der Weibchen statt, so kommt es bei einer Durchschnittstemperatur unter 21 °C erst nach zwei bis drei Tagen dazu. Die Dauer der Eientwicklung erhöht sich gleichfalls und dauert statt einer Woche bis zu zehn Tagen. Den größten Einfluß gewinnt der Temperaturrückgang auf die Länge der Larvenzeit, die über das Doppelte ansteigen kann. Die Puppenruhe erfährt eine Verlängerung von zwei bis drei Tagen.

Auf Grund der beobachteten Gesamtentwicklungsdauer von *L. coffeina* soll nachstehend der Versuch unternommen werden, das Verhältnis von Entwicklungszeit zur herrschenden Temperatur zu klären. Hierfür sei die erweiterte Wärmesummenregel von BLUNCK benutzt, die für die Entwicklung der Insekten in großen Zügen gemeinhin gilt und allgemein als brauchbar anerkannt wurde. Danach ist das Produkt aus Temperatur (T) und Entwicklungsdauer (t) bei jeder Art unter sonst gleichen Bedingungen konstant (k). Mathematisch ausgedrückt ist

$$(T - c) t = k.$$

In die Formel darf nicht einfach die Temperatur über den Gefrierpunkt eingesetzt werden, sondern die Differenz über dem Entwicklungsnullpunkt (c) der Art. Die Abhängigkeit der Entwicklung von der Temperatur stellt demnach eine Hyperbel dar, deren mittlerer Teil mit ziemlicher Genauigkeit dieses Verhältnis anzeigt.

Hiernach ergibt sich folgende Punkttabelle.

Tabelle 3

Entwicklungszeiten und Generationsdauer von *Leucoptera coffeina* WASHB.

Zucht Nr.	Imagines der P-Generat. geschlüpft	Elablage		Entwicklung		Larvenzeit		Puppenruhe		Generationsdauer in Tagen	Durchschnitts-temp in °C
		Datum	Zeit in Tagen	Schlüpfen der Larven	Zeit in Tagen	Verpuppung	Zeit in Tagen	F-Generat. geschlüpft	Zeit in Tagen		
IP	9. 2. 39	10.—11. 2.	1—2	17.—18. 2.	7	28. 2.—1. 3.	11	9. 3.	8—9	28	24,0
IIP	10. 2. 39	11.—12. 2.	1—2	18.—19. 2.	7	2.—3. 3.	12	11.—12. 3.	9	29—30	23,9
III F1	9 3. 39	11. 3.	2	18. 3.	7	31. 3.	13	8. 4.	8	30	23,2
IV F1	11.—12. 3.	13. 3.	1—2	20. 3.	7	2. 4.	13	10. 4.	8	29—30	23,0
VF2	10. 4. 39	12.—13. 4.	2—3	20.—23. 4.	8—10	7.— 8. 5.	14—16	16.—18. 5.	9—10	36—38	21,0
VIF2	10. 4. 39	12.—13. 4.	2—3	20.—23. 4.	8—10	11.—12. 5.	20—21	21.—23. 5.	10—11	41—43	19,8

Von den empirischen Werten in Tabelle 3 seien die Kurvenpunkte P_1 mit den Koordinaten $t_1 = 28$ Tage und $T_1 = 24,0^\circ$ und P_2 mit $t_2 = 37$ Tage (Mittelwert) und $T_2 = 21,0^\circ$ gewählt. Danach ist

$$(T_1 - c) t_1 = k$$

$$\text{und } (T_2 - c) t_2 = k$$

$$\text{sowie } c = T_1 - \frac{t_2 (T_2 - T_1)}{t_1 - t_2} = 24,0 - \frac{37 (21,0 - 24,0)}{28 - 37} = 11,7.$$

Der Entwicklungsnullpunkt, d. h. der Temperaturgrad, unterhalb dessen keine Entwicklung mehr stattfindet, liegt für *L. coffeina* bei $+11,7^\circ \text{C}$.

Die für diese Art geltende konstante Wärmesumme ist demgemäß:

$$k = \frac{t_1 t_2 (T_2 - T_1)}{t_1 - t_2} = 345$$

Die Berechnung der den verschiedenen Entwicklungszeiten zugeordneten Temperaturen, d. h. der einzelnen Kurvenpunkte (P_a) geschieht durch Einsetzen der speziellen Werte in die allgemeine Kurvengleichung:

$$(T_a - c) t_a = k.$$

Dem gefundenen Jahresmittel von $20,77^\circ$ entspricht somit als Jahresdurchschnitt eine Entwicklungsdauer von 38 Tagen, was besagt, daß im Laufe des Beobachtungsjahres bei dieser Temperatur 9,6 Generationen auftraten.

Für die Praxis bedeutet es, daß in den unteren Lagen des Kilimandscharo (1000—1100 m im Normaljahr mit 9—10 Generationen zu rechnen ist. Auf den höher gelegenen Pflanzungen (bis 1650 m) wird die Generationszahl je Jahr proportional der niederen Jahresmittel auf 8 eventuell auch 7 absinken, was durch entsprechende Messungen zu bestätigen wäre. Temperaturangaben aus diesen Lagen sind bisher nicht bekannt.

Tabelle 4

Entwicklungszeiten von *L. coffeina* mit den zugeordneten Durchschnittstemperaturen und empirischen Werten

t	T	empirisch	t	T	empirisch
5	80,8		41	20,1	
10	46,2		42	19,9	19,8
15	34,7		43	19,7	
20	28,9		44	19,6	
25	25,5		45	19,4	
26	24,9		46	19,2	
27	24,5		47	19,0	
28	24,0	24,0	48	18,9	
29	23,6	23,9 — 23,0	49	18,8	
30	23,2	23,2	50	18,6	
31	22,8		55	18,0	
32	22,5		60	17,5	
33	22,1		65	17,0	
34	21,8		70	16,6	
35	21,6		80	16,0	
36	21,3		90	15,5	
37	21,0	21,0	100	15,2	
38	20,8		150	14,0	
39	20,6		200	13,4	
40	20,3		300	12,8	

Unter Verwendung der auf der Beobachtungspflanzung gemessenen Monatsmittel sind diesen folgende Entwicklungszeiten zugeordnet:

Tabelle 5

Gemessene Monatsmittel in Celsius-Graden, deren errechnete Entwicklungszeiten in Tagen und die gemessenen monatlichen Niederschläge in Millimeter auf einer Pflanzung in 1050 m Höhe

Monat	Monatsmittel	Niederschlag	Entwicklungsdauer
Januar	22,4	37	32
Februar	23,4	16	30
März	22,6	158	32
April	21,0	630	37
Mai	18,9	565	48
Juni	18,0	182	55
Juli	18,2	25	53
August	19,3	20	45
September	20,2	5	41
Oktober	21,6	87	35
November	21,6	65	35
Dezember	22,0	22	33

Die Generationszahl der polyvoltinen Kaffeeminiermotten ist also stark vom Klima abhängig und daher schwankend, was die Beobachtungen von BODENHEIMER (1927) bestätigt.

NOTLEY hat für die Versuchsstation Lyamungu (etwa 1450 m) bei Moshi beobachtet, daß sich das Schlüpfen der *Leucoptera*-Motten normalerweise zeitlich auf fünf Punkte des Jahres, die etwa 45 Tage auseinander liegen, in verschieden starkem Maße akkumuliert, was nach seiner Ansicht der zeitlichen Aufeinanderfolge einzelner Motten-

generationen entspricht. *L. coffeella* soll eine Generation in 47 Tagen vollenden. Die von NOTLEY beobachteten fünf Höhepunkte des Mottenschlüpfens würden aber nur 225 Tage oder $7\frac{1}{2}$ Monate decken, was in den restlichen $4\frac{1}{2}$ Monaten geschieht, ist nicht ausgesagt. Ebenso fehlen meteorologische Daten, so daß es nicht gerechtfertigt erscheint, unter Berücksichtigung der vorangehenden Darlegungen aus diesen Angaben einen verallgemeinerten Schluß auf die Generationslänge der Miniermotten zu ziehen.

C. Parasiten

Die Kaffeeminiermotten besitzen als Parasiten eine Reihe von Schlupfwespen, deren Leben in inniger Wechselbeziehung zum Wirt steht. Der Jahresbericht der Kaffeeversuchsstation Lyamungu von 1938 zählt für das Kilimandscharogebiet 22 Arten auf, die ausnahmslos Larvenparasiten sind. Parasiten der Puppe sind bisher nicht bekannt geworden.

Die Verbreitung dieser Schlupfwespen innerhalb des Kaffeegebietes ist nicht gleichmäßig. So erlangen eine oder mehrere Arten in einem Bezirk die Oberhand, wogegen ihr Auftreten in der Umgebung zur gleichen Zeit schwach oder sogar selten sein kann. Während der Beobachtungszeit im Bezirk Uru bildete die metallgrüne Chalcidide *Pleurotropis coffeicola* Ferr. die überwiegende Mehrheit unter den Parasiten von *L. coffeina*. *Costerocerus africanus* Waterst. und *Achrysocharella ritchei* Ferr.¹⁾ waren die nächst häufigsten Arten.

Pleurotropis coffeicola war während des ganzen Jahres auf den Pflanzungen anzutreffen. Die Häufigkeit ihres Vorkommens folgt der Gradation der Miniermotte. Da sie einen höheren Anspruch an Wärme und Sonnenbestrahlung als der Wirt stellt, entfaltet die Schlupfwespe nur an warmen und durchsonnten Tagen eine rege Lebenstätigkeit. Bei kühlem und regnerischem Wetter tritt sie nicht in Erscheinung. Besonders um die Mittagszeit fliegen die Wespen in schnellem Fluge zwischen den Kaffeepflanzen umher und suchen ein Blatt nach dem anderen ab. Hat sich das Wespchen auf einer Blattspreite niedergelassen, so läuft es darauf emsig umher, indem es nach den hellgrün-braunen Fraßbildern der Minierraupen sucht. Nach Auffinden einer solchen Stelle, erkundet es diese nach allen Richtungen, wobei es sich mit langsamen Schritten in regellosem Wechsel vorwärts, seitwärts und auch rückwärts bewegt. Die nach vorn ausgestreckten Antennen trommeln dabei im schnellen Rhythmus auf die Blattepidermis. Ist eine Minierlarve darunter ausgemacht, so versichert sich das Wespchen durch „Abtrommeln“ von deren genauer Lage. Darauf bleibt es über der Larve stehen und belegt sie mittels eines kurzen Legestachels durch die Epidermis hindurch mit einem Ei. Dieser Legevorgang

¹⁾ Die Bestimmung der Wespen danke ich Herrn Prof. H. BISCHOFF, Zool. Mus., Berlin.

dauert nur ein paar Sekunden, worauf sich die Wespe gleich wieder auf Suche nach einem neuen Opfer begibt.

Die *Pleurotropis coffeicola* wählt zur Eiablage nur Minierraupen, die ein bis drei Tage alt sind. Gewöhnlich wird nur ein Teil der in einer Mine lebenden Larven mit Eiern versehen. Die infizierten Raupen setzen ihre Fraßtätigkeit normal fort und unterscheiden sich auch sonst in keiner Weise von ihren unversehrt gebliebenen Geschwistern. Erst gegen Ende der Larvenperiode, wenn die heranwachsenden Parasitenlarven in ihnen größere Zerstörung anrichten, hören sie mit ihrer Miniarbeit auf und bleiben fast bewegungslos im Fraßgang liegen. Sie besitzen auch nicht mehr die Kraft, das Blattinnere zum Zwecke der Verpuppung zu verlassen. Einen Tag nach Schlüpfen der gesunden *caffena*-Raupen, verläßt die fußlose *Pleurotropis*-Larve die Raupenhaut und schreitet innerhalb der Mine noch am gleichen Tage zur Verpuppung. Sie nimmt nach einigen Stunden eine glänzend schwarze Farbe an. Für gewöhnlich liegen diese Puppen zwischen dem dunklen Raupenkot. Wenn die junge Schlupfwespe die Puppe verlassen hat, bohrt sie — die vorhandenen Schlupflöcher der Minierraupen außer acht lassend — ein kleines kreisrundes Loch in die mittlerweile vertrocknete Epidermis und begibt sich hierdurch auf die Blattoberseite ins Freie.

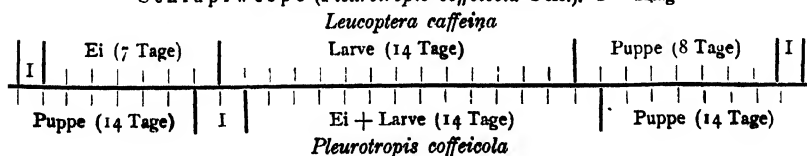
D. Miniermotte und Parasit

Der Lebenskreislauf von *Pleurotropis coffeicola* steht in engem Zusammenhang mit dem Zyklus von *Leucoptera coffeina*. Nach den gemachten Beobachtungen ist die Generationsdauer von Wirt und Parasit gleichlang. Die temperaturbedingten Veränderungen in der Entwicklung machen beide im gleichen Verhältnis mit.

Das *Pleurotropis*-Weibchen legt seine Eier meistens einen Tag nach Auskriechen der jungen Minierraupen an diese ab, und die Parasitenlarven werden einen Tag nach den nicht infizierten Wirtslarven verpuppungsreif. Während der Wirt ein kurzes Puppenstadium von 8 Tagen hat, besitzt der Parasit eine längere Puppenruhe von 14 Tagen, so daß die Tochtergeneration der Wespen wieder die *Leucoptera*-Junglarven der F_1 -Generation antrifft und sofort wieder mit Eiern belegen kann.

Tabelle 6

Lebenszyklus der Miniermotte (*Leucoptera coffeina* Washb.) und der Schlupfwespe (*Pleurotropis coffeicola* Ferr.). I = Imago



Der Beginn einer *Pleurotropis*-Generation liegt immer um ein Viertel einer *Leucoptera*-Generation zurück, d. h. um die Länge der

Eiperiode des Wirtes. Das Ei- und Larvenstadium des Parasiten — eine genaue Abgrenzung der beiden Zustände war nicht möglich — beanspruchen zusammen die halbe Generationsdauer, während die andere Hälfte vom Puppenstadium ausgefüllt wird. Die Imaginalzeit ist normalerweise kurz, kann aber im Gegensatz zur Miniermotte eine Verlängerung von einigen Tagen erfahren, wenn nicht sofort geeignete Altersstadien des Wirtes zur Verfügung stehen.

Die Generationenfolge des Parasiten ist demnach in allen Phasen eng an die des Wirtes angepaßt. Da die *Pleurotropis*-Larven hochwertige animalische Nahrung zu sich nehmen, können sie in einer viel kürzeren Zeit das Larvenstadium beenden als die von Blattmaterial lebenden Raupen. Dadurch schließen beide Partner ihre Larvenperiode zur gleichen Zeit ab. Die lange Puppenruhe des Parasiten überbrückt zeitlich genau das Imaginal- und Eistadium des Wirtes. Im ganzen wird hierdurch erreicht, daß die Wespen, die nur etwa 9—11 Tage am Leben weilen, gleich zu Anfang der Imaginalzeit auf Jungrauen des Wirtes stoßen und damit die Vermehrung gesichert ist. Da der Parasit andererseits eine längere Legezeit von mehreren Tagen besitzt, hat er die Möglichkeit, Unregelmäßigkeiten im Gleichlauf der beiden Lebenszyklen auszugleichen. Ferner kann er damit auch auf andere Wirtspopulationen überwechseln, deren Generationskreis um mehrere Tage hinter dem seines ursprünglichen Wirtes liegt.

Zieht man den Zustand einer Miniermottenkalamität in Betracht, wo sämtliche Stadien des Wirtes zu gleicher Zeit vorhanden sind, so scheint die Angleichung der zwei Lebenszyklen überflüssig zu sein. Die Tatsachen beweisen jedoch das Gegenteil. Das Entstehen einer Miniermottengradation¹⁾ erfolgt in jedem Falle an einzelnen Punkten der Pflanzung, von wo aus eine konzentrische Verbreitung stattfindet. Die Ursachen für das Aufflammen der Epidemie an diesen besonderen Stellen bedürfen noch der Klärung. Viele Beobachtungen bestärken die Annahme, daß hierbei besonders günstige, mikroklimatische Verhältnisse einen entscheidenden Einfluß ausüben. Die intensive Vermehrung nimmt also von einzelnen Populationen ihren Ausgang. Demzufolge sind zur gleichen Zeit an diesen Plätzen etwa nur Eigelege vorhanden, worauf man nach einigen Tagen nur minierende Raupen vorfindet, und der Mottenflug der Filialgeneration zeitlich geschlossen vor sich geht. In der nächsten Generation machen sich aber die individuellen Verschiedenheiten in der Entwicklungszeit stärker bemerkbar, indem der Flug der F_2 -Motten sich über eine längere Zeiteinheit erstreckt. Durch die sich von Generation zu Generation häufenden individuellen Schwankungen kommt es ungefähr in der F_4 -Generation zu einer vollständigen Überlagerung der einzelnen Stadien. Es treten

¹⁾ Gradation = „Gesamtheit der Erscheinungen vom Beginn einer Individuenzunahme über den Höhepunkt einer Übervermehrung bis zum Abklingen“, Definition von STELLWAAG (1921).

jetzt nebeneinander Eigelege, Raupen und Puppen auf. Nur mit Mühe lassen sich an Hand des Mottenfluges die Grenzen der Generationen noch festlegen. Zu Beginn einer Miniermottengradation finden sich also scharf getrennte Generationsintervalle von temperaturbedingter Länge, die aber mit der Ausbreitung des Schädlings im Laufe der Generationen verwischen, so daß ein vollständiges Nebeneinander aller Stadien entstehen kann.

Eine Gradation der Miniermotten wird jedoch in den seltensten Fällen den geschilderten glatten Verlauf nehmen, da sich sehr bald die Tätigkeit der Parasiten bemerkbar macht. Der Vorteil, den die *Pleurotropis* durch Angleichung ihres Lebenszyklus besitzt, ist für den Anfang und das Ausklingen einer Wirtskalamität offensichtlich.

In den warmen und trockenen Monaten ist die Parasitierung der Miniermotten besonders stark. Wie beobachtet wurde, sind die Wespen zu diesen Zeiten schnell in der Lage, eine örtliche Kalamität des Wirtes zu stoppen und damit eine Ausbreitung zu verhindern. In den kühlen Regenmonaten hingegen geht das Schlupfwespenauftreten sehr zurück, wodurch stellenweise eine vollkommen ungehinderte Ausbreitung der Miniermotten stattfinden kann. Wirt und Parasit stellen also gänzlich andere Ansprüche an Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Dadurch ergeben sich zwangsläufig Schwankungen in der Höhe der Parasitierung, welche durch Witterung ausgelöst werden. Parallele Erscheinungen fand GONZALES (1935) beim Kokosnußblattminierer *Promecotheca cumingi* (Chrysomel.) auf den Philippinen.

Nicht ohne Einfluß auf den Bestand der nützlichen Parasiten sind die chemischen Bekämpfungsmittel, welche in der Pflanzung gegen tierische und pilzliche Schädiger im Laufe des Jahres angewendet werden, was im Kapitel „Probleme der Bekämpfung“ näher aufgeführt werden soll.

E. Miniermotte und Kaffeebaum

Die Wechselbeziehungen zwischen Miniermotte und Kaffeepflanze werden in der Hauptsache durch das Klima — oder besser gesagt — durch die zeitweilig herrschende Witterung beeinflusst. Der klimatische Einfluß auf die Pflanze ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht von Interesse und würde zu weit führen. Dagegen soll die Wirkung des Klimas und der Witterung auf die *Leucoptera*-Arten eine Würdigung finden.

I. Witterungseinflüsse

Bei dieser Betrachtung muß der große Unterschied berücksichtigt werden, der in der Lebensweise der einzelnen Entwicklungsstadien besteht. Während Imagines und Eier nur den Faktoren der Außenwelt ausgesetzt sind, treten beim Larven- und Puppenstadium noch weitere Einflüsse, zum Teil vom Baume selbst hinzu.

Da die Schnelligkeit der Entwicklung eines Insekteneies in erster Linie von der Temperatur abhängt, wirkt bei den auf der Blattspreite abgelegten *Leucoptera*-Eiern die Sonnenbestrahlung begünstigend. Regenfälle haben nur insofern einen unmittelbaren Einfluß, als sie durch ihre Heftigkeit die Gelege abspülen können, was jedoch nur äußerst selten beobachtet wurde. Die indirekte Einwirkung des Regens ist bedeutend größer, insofern als der dadurch bedingte Temperatursturz entwicklungshemmend wirkt.

Im stärkeren Maße machen sich die Witterungseinflüsse an dem empfindlicheren Schmetterling bemerkbar. Allgemein ist zu sagen, daß eine hohe Luftfeuchtigkeit, resultierend aus starkem Morgentau oder leichten Regenfällen für die Lebenstätigkeit der *caffeina*-Motte anregend ist. Auf der anderen Seite finden die Imagines von *coffeella* ihre günstigsten Bedingungen schon bei geringerem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Da auch in diesen Fällen Wärmezunahme eine Lebenssteigerung bedingt, sind die feuchtwarmen, d. h. schwülen Tage als Optima für die Motten anzusehen, wo ihre Lebensäußerungen auf das Höchste gesteigert werden. Ein Übermaß an Niederschlag und der damit bedingte Temperaturrückgang, wie ihn die große Regenzeit bietet, steht den Lebensinteressen der fliegenden Motten entgegen. Hierbei zeigt *L. caffeina* eine weit größere Resistenz als *L. coffeella*. Die Ursachen der Regenwirkung sind in der Hauptsache physikalischer Natur. Durch die sich täglich wiederholenden, heftigen Platzregen (bis 15 mm in der Stunde) und der sich unter den Schattenbäumen lange haltenden Nässe und Kälte werden die zarten Motten entweder sofort vernichtet, ohne daß sie zur Kopulation und Eiablage gelangen, oder sie werden in ihrem Fortpflanzungsgeschäft mindestens sehr gehindert.

Die unmittelbare Einwirkung der Witterung auf die im Blattinneren lebende Minierraupe beschränkt sich nur auf den Wechsel der Temperatur, die fördernd, hemmend oder aber auch tötend wirken kann. Vor Niederschlägen ist die Larve vollkommen geschützt. Der Regen kann aber in der kritischen Zeit beim Verlassen des Blattes unangenehme Folgen haben. Die Larven werden von den Blättern gespült und kommen auf dem durchnässten Untergrund um. Außerdem dringt das Regenwasser durch die Schlupflöcher in der oberen Epidermis in die Mine ein und tötet die noch nicht geschlüpften Raupen an ihren Fraßplätzen. Die klimatischen Faktoren wirken aber auch mittelbar auf die Raupen, indem sie den Wasserhaushalt der Pflanze verändern und so den Biotop der minierenden Larve umgestalten. Wie bereits dargelegt wurde, haben dann die Jungraupen sogar mit aktiven Abwehrmaßnahmen der Pflanze (Wundkallusbildung) zu rechnen.

Auf die Puppe ist nur die Temperatur von Einfluß. Durch ihre geschützte Lage und durch den dicht gesponnenen Kokon ist sie weitgehend vor Regenwasser und anderer Feuchtigkeit gesichert.

II. Massenwechsel

Das Klima des Kilimandschargebietes erlaubt zu allen Jahreszeiten ein Vorhandensein und eine ständig wechselnde Aktivität beider *Leucoptera*-Arten. Das Auftreten unterliegt großen zeitlichen und örtlichen Schwankungen, deren Abhängigkeit vom Klima keineswegs als geklärt gelten darf. Während an einem Ort eine Miniermottenkalamität vorhanden ist, wird man häufig schon in den Nachbarpflanzungen nur einen geringen Befall vorfinden, oder der Schädling bildet dort sogar im Augenblick eine seltene Erscheinung. Zu anderen Zeitpunkten des Jahres kann genau der umgekehrte Fall eintreten. Im ganzen gesehen, läßt sich das örtliche Auftreten der *Leucoptera*-Spezies als Welle mit unregelmäßiger Frequenz und Amplitude darstellen. Auf Grund der klimatischen Unterschiede, die infolge der Höhendifferenzen im Anbaugebiet herrschen, muß das jährliche Gradationsdiagramm für jede Pflanzung — besser noch — für jede Lage in anderer Weise verlaufen. Innerhalb dieser kleinen Areale treten noch die verschiedenartigsten Kleinklimaten hinzu, die das Gesamtbild der Miniermottengradation weiterhin komplizieren.

Aus den örtlichen Schwankungen lassen sich jedoch einige jahreszeitlich bedingte Allgemeinzüge ablesen, die im wesentlichen für das ganze Anbaugebiet gelten, bei beiden Arten aber unterschiedlich sind. Infolge ihres hohen Feuchtigkeitsbedürfnisses ist mit einer Vermehrung von *caffeina* hauptsächlich während und kurz nach der Regenzeit zu rechnen. Besonders in Monaten, wo Regenfälle leichteren Charakters mit Sonnenschein abwechseln, sind die günstigsten Voraussetzungen für eine Massenvermehrung gegeben. Dieser Umstand kann zeitweise auch in der Vorregenzeit, sowie in allen übrigen Monaten mit reichlichem Niederschlag eintreten (Tabelle 5); jedoch entbehrt hierbei die *caffeina*-Vermehrung meist den Charakter einer Allgemeinverbreitung. Je nach Lage kommt es dann zu einem Massenaufreten innerhalb verhältnismäßig kleinen Arealen. Die heißen und trockenen Monate sind im Durchschnitt Zeiten geringen *caffeina*-Befalls.

Wie die bisherige Erfahrung zeigt, ist die künstliche Bewässerung praktisch ohne Einfluß auf die Vermehrung. Die alte Methode der Tellerbewässerung hat bei nur geringer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit ausschließlich einen Einfluß auf die Pflanze. Die im Jahre 1938 erstmalig auf der Pflanzung Kifumbu (Uru) angewendete künstliche Beregnung mit großen Rotationsspritzen hatte in den Pflanzungsblocks kein Ansteigen dieses Schädlings zur Folge. Die durch die Beregnung geschaffene höhere Luftfeuchtigkeit hält nur etwa zwei Tage an und genügt anscheinend nicht, der Motte einen Anstoß zu stärkerer Vermehrung zu geben. Da die Beregnungsanlage nur während eines Jahres im Kaffee ausprobiert werden konnte, läßt sich noch nichts Näheres über ihren Einfluß auf die Schädlingswelt sagen.

Während mit einer Massenvermehrung von *caffeina* in den Monaten mit großer Feuchtigkeit zu rechnen ist, findet die Abhängig-

keit der *coffeella* vom jährlichen Klimazyklus durch ein starkes Anwachsen in den Zeiten der Hitze und Trockenheit, wie z. B. in den Monaten vor der großen Regenzeit, ihren Ausdruck. Im großen und ganzen spielt diese Art am Kilimandscharo nur eine untergeordnete Rolle, trotzdem sie über das ganze Gebiet verbreitet in jeder Pflanzung zu finden ist. Wirkliche Kalamitäten konnten bisher nur in kleinen Arealen einiger schwach beschatteter Pflanzungen festgestellt werden. Im Laufe der Regenzeit geht ihr Bestand stark zurück, so daß sie dann auch in den für sie günstigen Lagen zu einer seltenen Erscheinung wird.

Bei beiden Mottenarten sind neben der artspezifischen Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen noch verschiedene Unterschiede hinsichtlich der von ihnen bevorzugten Örtlichkeit zu machen. Die allgemeinen Anforderungen an den Charakter des Biotops fanden bereits Erwähnung. So erstrecken sich die Beschädigungen der *coffeella*-Motte hauptsächlich auf die oberen und äußeren Partien des Kaffeebaumes. Erst bei fortgeschrittener Kalamität, wenn die Ränder des Laubwerkes mit Minen bedeckt sind, wenden sich die Imagines mehr und mehr den inneren und unteren Teilen der Pflanze zu. Bei der *caffcina* verläuft dieser Befallsprozeß nahezu umgekehrt. Zuerst werden die Blätter der unteren Zweige benutzt, wobei das Innere des Strauches jedoch ebenfalls gemieden wird. Nur in Lagen mit starker Beschattung wendet sich *caffcina* in gleicher Weise auch allen äußeren Partien des Blattwerkes zu. Auffällig ist ferner, daß die Ränder der Felderblocks, sowie alle einzeln wachsende Bäume stets einen größeren Befall als die geschlossen stehenden Mittelpflanzen aufzuweisen haben. Kaffeeebäume, die in unmittelbarer Nähe der Wassergräben wachsen, haben im Gegensatz zu ihrer Umgebung ein gesteigertes *caffcina*-Auftreten zu verzeichnen, was besonders in heißen Zeiten augenfällig ist und seine Erklärung in der Feuchtigkeitsliebe der Art findet.

III. Gradationsbeispiel

Nachstehende Beobachtung soll zeigen, wie sich eine *caffcina*-Gradation an der Kaffeeepflanze auswirkt. Es handelt sich hierbei um Untersuchungen, die in die Zeit von August bis März fallen. Das gut beschattete Versuchsfeld war annähernd 1,5 ha groß und wies einen alten, teilweise lückenhaften Bestand von Arabicaebäumen der Sorte Bourbon auf, zwischen denen Kentbäume nachgepflanzt waren. Die Höhenlage betrug 1045 m ü. M. in der Landschaft Uru, nordwestlich von Moshi.

1. Ende August:

Sehr starker Befall durch *L. caffcina*. Etwa 70 % der Blätter mit alten und neuen Minen (Fx-Generation), welche aber größtenteils schon verlassen waren. Viele Gelege (Fx-Generation), durchschnittlich 1-2 je Blatt. Geringer Blattfall. Schlupfwespentätigkeit.

2. Ende September:

Befallsstärke erhöht; über 90 % der Blätter mit Minen. Sehr viele frische Eigelege und Junglarven (F_x₂-Generation). Blattfall sehr stark, teilweise bis 75 %. Blütenknospenansatz fast gänzlich unterbunden. Starkes Anwachsen der Parasiten.

3. Ende Oktober:

Schädling durch Schlupfwespen sehr zurückgegangen. Wenig Eigelege und Junglarven (F_x₃-Generation). Minierte Blätter zu etwa 80 % abgefallen. Infolge von Regenfällen in der zweiten Hälfte des Monats neue Blattbildung an den Zweigspitzen, die ebenfalls schon wieder mit Eiern belegt wurde. Schlupfwespenbestand unvermindert.

4. Ende November:

F_x₃-Generation größtenteils durch Parasiten vernichtet. Neue Eigelege selten (F_x₄-Generation). Blattfall im Laufe des vorigen Monats beendet. Durch Regen im November bis zu 60 % des Blattwerkes an den Zweigenden wieder ersetzt. Erste große Blüte zu Anfang des Monats in diesem Feld fast gänzlich unterblieben, daher geringer Fruchtausatz. Zweigspitzen weisen neuen, großen Ansatz von Blütenknospen auf.

5. Ende Dezember:

Miniermotte praktisch verschwunden. Blattregeneration auf etwa 70 % des Normalstandes fortgeschritten. Blütenknospenansatz vermehrt.

6. Ende Januar:

Miniermotte fehlt. Blattwerk fast normal. Durch eine zweite Blüte etwa 45 % Fruchtausatz an den Zweigspitzen.

7. Ende Februar:

Blattwerk wieder normal. Fruchtausatz erreicht 60 % der nicht befallenen Felder.

Die sich über sieben Monate erstreckenden Beobachtungen ergeben das typische Bild einer *caffèina*-Gradation mit allen Folgeerscheinungen. Der Beginn des Befalles, welcher noch nicht miterlebt wurde, lag nach Angaben des Pflanzers in den ersten Tagen des Juli, also kurz nach der Regenzeit. Der Befall nahm gleichmäßig zu, und im August und September erfolgte der letzte Anstieg der Kurve, womit ein Anwachsen der Parasitierung Hand in Hand ging. Durch die generationsweise Häufung der Blattminen wurden die Blätter derart geschädigt, daß 80 % des Laubes als unbrauchbar abgeworfen wurde. Meist wies ein Blatt mit zwei Minen schon so starke Beschädigungen auf, daß es seine Bestimmung weiterhin nicht mehr erfüllen konnte. Mit dem enormen Entzug an Blattfläche war die Pflanze nicht mehr in der Lage, die jahreszeitlich bedingten Funktionen, wie hier die Bildung von Blütenknospen durchzuführen. Vielmehr wurden die nun folgenden Regenfälle für eine Blattregeneration ausgenutzt.

Es konnte nie beobachtet werden, daß eine große Miniermottenkalamität verbunden mit einer normalen Trockenperiode die Kaffee-

pflanzen vollständig zum Erliegen brachte. Dieser Fall wird auch praktisch nicht eintreten, da die Parasiten der *Leucoptera*-Vermehrung zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt Schranken entgegensetzt werden. Im angeführten Beispiel wurde die Epidemie nach etwa drei Monaten gestoppt. Ähnlich wie hier geschah es in mehreren Fällen, die zur Beobachtung gelangten.

IV. Reaktion der Kaffeepflanze

Neben der Unterstützung durch die Schlupfwespen verdankt die Kaffeepflanze ihrer großen Widerstandsfähigkeit und ihrem starken Regenerationsvermögen die schnelle Überwindung des entstandenen Substanzverlustes. Bei genügend Wasser ersetzt die Pflanze innerhalb sehr kurzer Zeit das fehlende Blattmaterial, im dargestellten Fall innerhalb von drei Monaten. Darüber hinaus versucht der Baum durch gesteigerte Produktion von Blütenknospen in einer verstärkten zweiten und dritten Blüte den versäumten Fruchtansatz wieder aufzuholen. Lieferte im gegebenen Fall die erste Blüte (Anfang November) an den nicht beschädigten Bäumen ungefähr 70 % der Ernte, so wurde an den geschädigten Kaffeepflanzen der Ausfall dadurch verringert, daß die zwei folgenden Blütenperioden insgesamt einen Fruchtansatz von 60 % der Normaltracht ergaben. Ein größeres Miniermottenaufreten wird also stets einen Ernteausfall (hier 40 %) verursachen, eine Verzögerung im Reifeprozess der Früchte findet jedoch nicht statt. Findet der Befall vor der ersten Blüte statt, so daß diese nicht zur Entwicklung gelangt, wird allerdings der Erntebeginn insofern zurückverlegt, als erst die zeitlich späteren Blütenfolgen fruktifizieren.

Tritt ein solcher Massenbefall ein, wenn bereits Fruchtansatz vorhanden ist, so wirkt er sich in analoger Weise aus. Solange die Kirschen noch klein sind — bis etwa 6 mm — vertrocknet im Gefolge des Blattfalls ein großer Teil von ihnen und fällt schließlich ab. Bei größeren Früchten kommt es in der Pergamentschale nur zur teilweisen Ausbildung des Samens. Eine große Anzahl von Kirschen bleibt zur Hälfte oder gänzlich „taub“; viele Bohnen sind verkrüppelt. In jedem Falle beeinflußt eine Miniermottenkalamität sehr die Höhe und die Qualität der Ernte.

Im westlichen Teil des Anbaugesbietes wirkt sich auf Grund der geringeren Regenhöhe ein Miniermottenbefall viel katastrophaler an der Ernte aus als im Ostteil (Uru). Die zweiten und dritten Blütenfolgen haben dort nur eine sehr untergeordnete Bedeutung und kaum einen Einfluß auf den Ernteertrag. Dadurch kann also in diesen Lagen mit einer starken Gradation zu dieser Zeit fast die gesamte Ernte vernichtet werden.

Die einzelnen Arabicasorten reagieren verschieden auf einen Mottenbefall. Von den zwei hauptsächlich angebauten Sorten leidet der „Bourbon“ stärker als der „Kent“, dessen lederartige Blätter größere Beschädigungen erleiden können, ehe sie außer Funktion treten.

Hingegen besitzt „Bourbon“ ein schnelleres Regenerationsvermögen, womit er bei günstigen Wasserverhältnissen das verlorene Blattmaterial schneller ersetzt. Trotzdem wird seine größere Sensibilität stets am Ernteertrag zu spüren sein. Das Verhalten der einzelnen Sorten in den verschiedenen Klimaten bedarf jedoch noch der Klärung.

Der Miniermottenbefall bedeutet also immer eine generelle Schwächung des Kaffeebaumes, der man mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu begegnen hat.

F. Probleme der Bekämpfung

Aus ökonomischen Gründen hat sich die angewandte Entomologie schon viel mit den Miniermotten befassen müssen. Alle Arbeiten stecken jedoch noch im Zustand des Suchens, eine erfolgreiche und allgemein gültige Bekämpfungsmethode wurde bisher nicht entwickelt. Die schnelle Generationenfolge, die versteckte Lebensführung der Larven und nicht zuletzt die ungenügende Kenntnis der Biologie dieser Schädlinge ließen alle Verfahren irgendwo scheitern. Nachfolgend soll der Versuch unternommen werden, aus den empirischen Daten der Biologie die Schwierigkeiten und Möglichkeiten einer Bekämpfung aufzuzeigen, sowie die Eigenschaften herauszustellen, die ein erfolgreiches Verfahren besitzen müßte.

In der chemischen Bekämpfung der Miniermotte nimmt bisher das Nikotin eine bevorzugte Stellung ein. Meist wird es in Form von Nikotinsulfat der Bordelaiser Brühe zugesetzt, die man vor der Regenzeit (Januar—März) gegen Kaffeerost spritzt. Das Nikotinverfahren zeitigt im Kampf gegen die Miniermotte verschiedenartige Ergebnisse. Teilweise sind sehr gute Erfolge erzielt worden, in anderen Fällen schien es fast gänzlich versagt zu haben, weshalb in Pflanzerkreisen geteilte Meinungen über den Wert dieser Methode bestehen. Die Ursache der scheinbar konträren Wirkungsweise liegt nicht im Nikotin oder in irgendwelchen Umweltfaktoren verankert, sondern wird durch die verschiedenartige Lebensführung der Entwicklungsstadien und die schnellen, sich überlagernden Generationenfolgen bedingt.

Aus gleichen Gründen ist ein ähnliches Verhalten von den neuen Präparaten auf Halogenkohlenwasserstoffbasis, wie Dichlordiphenyltrichlormethylmethan (DDT-Wirkstoff), und Hexachlorcyclohexan (666-Wirkstoff), zu erwarten, nur daß man von vornherein wegen deren größerer Resistenz mit einem etwas höheren Bekämpfungserfolg rechnen dürfte. Wie hoch dieser aber anzusetzen ist; gilt jedoch noch abzuwarten, da die meisten der genannten Mittel durch starke Sonneneinwirkung leicht zersetzt werden.

Die minierenden Schadinsekten werden von den benutzten Kontaktgiften nur dann mit Erfolg angegriffen, wenn sie sich außerhalb der Futterpflanze befinden. Das bedeutet für die Miniermotte, daß sie nur eventuell als Ei, als Larve auf dem Wege zum Verpuppungsort und als Imago den Bekämpfungsmitteln ausgesetzt ist. Während ihrer

ganzen Larvenzeit ist sie von der Blattepidermis geschützt. Im Puppenstadium bewahrt sie der äußerst dicht gesponnene Kokon, wie im Versuch nachgewiesen werden konnte.

In den gemäßigten Breiten, wo im Freien nur mit ein bis zwei Generationen eines solchen Schädlingstyps zu rechnen ist, wo außerdem alle Populationen fast gleichzeitig — teilweise auf den Tag genau — die Entwicklungsstadien durchlaufen, kann man sehr leicht einen günstigen Zeitpunkt für eine erfolgreiche Bekämpfung finden und den Schädling in einem ungeschützten Stadium vernichten. Eine gleichzeitige Bekämpfung in allen Anbaugebieten gibt die größtmögliche Gewähr für eine erfolgreiche Niederhaltung des Schädigers.

Gänzlich andere Verhältnisse herrschen bei den Schädlingen tropischer Kulturpflanzen. Wie das Lebensbild der *Leucoptera* zeigt, liegen in bezug auf die Generationenfolge sehr verwickelte Tatsachen vor; zu allen Zeiten des Jahres finden sich nebeneinander Eier, Larven, Puppen und Imagines. So können die eingangs erwähnten Verfahren immer nur auf einen Teil der Schädlinge einwirken und diese vernichten, die übrigen Stadien entziehen sich dem Untergang.

In Tabelle 3 ist für die durchschnittliche Dauer der Entwicklung angegeben: Ei = 7 Tage, Larve = 14 Tage, Puppe = 8 Tage und Imago = 2 Tage als Zeit bis zur Eiablage. Das Kontaktgift kann demnach an folgenden Tagen tödlich einwirken:

Imago	. . .	2 Tage
Ei	. . .	7 „
Larve	. . .	1 Tag (auf dem Wege zur Verpuppung)
<hr/>		
Sa. 10 Tage.		

Dagegen ist zu folgenden Zeiten das Bekämpfungsmittel wirkungslos:

Larve	. . .	13 Tage
Puppe	. . .	8 „
<hr/>		
Sa. 21 Tage.		

Bei einer Generationslänge von 31 Tagen sind also für die Bekämpfung 32,2 % der Zeit günstig und 67,8 % ungünstig. Somit darf man bei einer generellen Bekämpfung zu einem beliebigen Zeitpunkt nur mit der Vernichtung von 32,2 %, d. h. eines Drittels des Schädlingsbestandes rechnen. Werden Tage mit ungeschützten Stadien getroffen, so wird das Ergebnis bedeutend höher sein. Fällt jedoch das Spritzen in Tage, wo etwa nur minierendes Material anzutreffen ist, ist mit einem äußerst geringen Erfolg zu rechnen. Die scheinbar verschiedenartige Wirkungsweise der Kontaktgifte findet so ihre Erklärung.

Ein Verfahren, bei dem einmal im Jahre vor der großen Regenzeit alle Pflanzenbestände erfaßt werden, dauert bei einer mittleren Pflanzung mit den bisher üblichen kleinen Motorspritzen mehrere Wochen. Es ist also gänzlich unmöglich, dabei auf „günstige Tage“ Rücksicht zu nehmen oder „ungünstige“ Zeiträume auszuschalten. Die Vernichtung des Schädlings wird demnach durchschnittlich nur zu einem

Drittel durchgeführt werden. Ein derartig geringer Erfolg rechtfertigt aber nicht die hohen Kosten des Präparats.

Bei allen Bekämpfungsverfahren in tropischen Gebieten ist noch weiterhin ein wichtiger Faktor zu berücksichtigen, dem ebenfalls in der gemäßigten Zone weniger Bedeutung zukommt, nämlich die Parasiten der Schädlinge. Es konnte gezeigt werden, daß sie wohl in der Lage sind, eine Kalamität zu stoppen und den Wirt praktisch zum Verschwinden zu bringen. Andererseits ist es aber dem natürlichen Bestand an Parasiten nicht möglich, in genügend kurzer Zeit den Schädling zu dezimieren, so daß kein merklicher Schaden entsteht, wodurch der Wert der Parasiten für die Praxis sinkt. Außerdem arbeiten alle im Kaffee benutzten Bekämpfungsverfahren der Parasitenausbreitung entgegen. Wie stark der Arsen-Zucker-Köder gegen *Antestia*-Wanzen und die anschließende Kupferkalk-Nikotin-Spritzung unter den Schlupfwespen aufräumen, zeigt eine Zählung, die Ende Februar und Anfang März einige Zeit nach diesen Verfahren an *Leucoptera*-Minen durchgeführt wurde. Danach fand zu dieser Zeit nur eine durchschnittliche Parasitierung von 6,8 je Tausend statt. In einigen wenigen Blocks wurde als Maximum 4,0 % erreicht. Beobachtungen in gleicher Richtung machte LE PELLEY (1932) in der Kolonie Kenya.

Zusammenfassend ist für die bisherige Form der Bekämpfung zu sagen, daß sie immer nur einen geringen Erfolg erreichen kann (33 %). Jeder höhere Prozentsatz in diesem oder jenem Teil der Pflanzung ist als Zufallsergebnis zu werten. Der Parasitenbestand wird durch das Verfahren empfindlich geschwächt und für längere Zeit ausgeschaltet. Im Hinblick auf den Erfolg sind die Kosten zu hoch.

Alle im Laufe der Beobachtungen gewonnenen Faktoren, von denen die Vernichtung des Schädlinge abhängt, müssen hier Berücksichtigung finden und führen zu neuen Wegen der Miniermottenbekämpfung. Folgende Tatsachen sind dabei in Einklang zu bringen:

1. Biologische Eigentümlichkeiten der Miniermotten,
2. Reaktion der Kaffeepflanze,
3. Einfluß der Parasiten,
4. Wirkungsmöglichkeit des chemischen Präparates,
5. Bekämpfungskosten.

Das bisherige Verfahren nahm zu den fünf Punkten folgendermaßen Stellung:

1. Auf die Biologie des Schädlinge wurde keinerlei Rücksicht genommen. Die Wahl eines günstigen Termines fand nicht statt.
2. Die schnelle Regenerationsfähigkeit der Kaffeepflanze blieb außer Beachtung.
3. Im Verlauf der generell durchgeführten Bekämpfung wurde der Parasitenbestand in der ganzen Pflanzung vernichtet.
4. Ohne Berücksichtigung von Punkt 1 ist die Wirkungsmöglichkeit des Giftes sehr beschränkt. Das Ergebnis liegt daher sehr niedrig.
5. Im Hinblick auf den möglichen Erfolg sind die Kosten zu hoch.

Die Bilanz dieser Bekämpfungsmethode weist nach, daß diese im Ganzen gesehen kein Erfolg ist. Analysiert man die neu gewonnenen Ergebnisse im Hinblick auf obige fünf Forderungen, so ergibt sich als Tatbestand:

1. Eine Miniermottengradation nimmt ihren Ausgang von einzelnen Punkten der Pflanzung und breitet sich radiär aus. Die Lebensweise der Motten gestattet nur an den „günstigen Tagen“ eine erfolgreiche Bekämpfung.
2. Bei Vorhandensein von genügend Wasser und Nährstoffen ersetzt die Kaffeepflanze unbrauchbar gewordenes Blattmaterial in kürzester Zeit. Ferner sind „gesunde“ Blätter befähigt, in den schmalen Fraßgängen Wundkallus zu bilden und so einen Teil der Junglarven zu töten (bis 55 %).
3. Die verschiedenen Larvenparasiten sind in der Lage Kalamitäten zu stoppen und zum Erliegen zu bringen.
4. Das Kontaktgift übt seine Wirkung nur bei unmittelbarer Berührung aus.
5. Der durch Niederhaltung der Miniermotten erzielte Erntegewinn rechtfertigt die Kosten eines Verfahrens.

Diese Tatsachen bilden die Grundlagen zu nachstehendem Bekämpfungsverfahren, welches sich bemüht, allen Anforderungen der Praxis gerecht zu werden. Hierbei wird zu allererst von einer generellen Behandlung der Bäume gegen Miniermotten Abstand genommen. Dagegen wird durch ständige Kontrolle der einzelnen Pflanzungsabschnitte (Felderblocks) jedes örtliche Auftreten, bzw. stärkere Anwachsen des Schädling festgestellt. Eine chemische Bekämpfung setzt nun sofort ein, nachdem an Hand der Entwicklungsdaten ein günstiger Tag für die Giftwirkung ermittelt ist, was sich mit geringer Übung leicht bewerkstelligen läßt. Da bei dem örtlich begrenzten Verfahren nur die kleine Flächeneinheit des verseuchten Areals zu spritzen ist, hat man auch mit kleinen Spritzaggregaten die Möglichkeit, das Verfahren in ein oder zwei Tagen zu beenden. Die Schnelligkeit der Durchführung bietet die Gewähr, einen sehr hohen Prozentsatz zu vernichten und die Kalamität zum Erlöschen zu bringen. Die Kosten der partiellen Bekämpfung aber sind minimal. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die Parasiten nur in dem kleinen Spritzareal zugrunde gehen, wohin sie aus den umliegenden Teilen der Pflanzung leicht wieder zuwandern können. Durch ein derartiges „Hegen“ der Parasiten ist die beste Voraussetzung gegeben, daß sie ihren Wirt kontrollieren können, so daß die chemische Bekämpfung mehr zurücktritt, um schließlich eine Art Bereitstellung einzunehmen.

Im Gleichlauf mit der aktiven Bekämpfung ist für eine allgemeine Kräftigung des Kaffeebaumes zu sorgen, indem durch richtige Kulturmaßnahmen und Düngung der Wasser- und Humusgehalt des Bodens erhöht wird. Die Möglichkeit einer schnellen Blattregeneration hilft

sodann größere Ernteausfälle zu vermeiden und befähigt die Pflanze zu aktiven Abwehrmaßnahmen durch Zellwucherung. In diesem Zusammenhang sei auf die Erfolge einiger Pflanzler in Kenya hingewiesen, welche diese mit regelmäßigen Kompost- und Düngergaben an ihren Kaffeekulturen erzielt haben.

Abschließend sei erwähnt, daß eine entsprechende Sortenauslese mithelfen würde, das Problem der Blattminierer zu lösen.

G. Zusammenfassung

1. Die beiden *Leucoptera*-Species schließen sich in ihren Verbreitungsarealen aus. *L. coffeina* ist nur in beschatteten Beständen und *L. coffeella* nur in unbeschatteten Lagen anzutreffen.

2. Der Eibau und die Eiablage auf den Blättern ist artspezifisch. Ihre Entwicklung dauert 7—10 Tage.

3. Die Larven sind sich morphologisch sehr ähnlich und minieren nur in der Palisadenschicht. *Coffeella* legt meist runde Einzelminen an, *coffeina* baut gemeinschaftlich große Flächenminen, wodurch diese Art der größere Schädling ist.

4. Die benötigte Nahrungsmenge ist bei *coffeina* dreimal so hoch mit großen individuellen Schwankungen. Der Wassergehalt und das Alter des Blattes spielen dabei eine Rolle.

5. „Wasserreiche“ Blätter können großlumige Wundkalluszellen in den Minengängen erzeugen. Ein großer Teil der Larvengemeinschaften stirbt in diesen Blättern ab. Abiotische Faktoren (Hitze) spielen eine große Rolle für die Minierlarven.

6. „Wasserarme“ Blätter veranlassen die Larven zu schnellerer Fraßtätigkeit und veränderter Miniertaktik. Dasselbe tritt bei noch wachsenden Blättern ein.

7. Die Fraßperiode schwankt zwischen 10—19 Tagen.

8. Bei der Wahl des Verpuppungsortes spielen Licht und Luftdruck eine Rolle.

9. Der H-förmige Puppenkokon wird in drei Teile durch einen Spinnprozeß von $5\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$ Stunden verfertigt. Die Puppenruhe dauert 7—11 Tage.

10. Die Imagines sind artlich gut zu trennen. Zwergformen kommen öfters vor.

11. Große artliche Unterschiede im Allgemeinverhalten und Phototaxis der Motten bedingen die differenten Verbreitungsareale.

12. Die Annäherung der Geschlechter findet am Tage des Schlüpfens statt, die Eiablage an den folgenden zwei Tagen.

13. Die Generationsdauer ist proportional der Witterung und schwankt im Untersuchungsgebiet bei *coffeina* zwischen 29 und 55 Tagen, so daß 9,6 Generationen im Jahr auftreten.

14. Der Entwicklungsnullpunkt von *coffeina* liegt bei $11,7^{\circ}\text{C}$. Eine Punkttabelle der den verschiedenen Temperaturen zugeordneten Entwicklungszeiten befindet sich im Text.

15. Von den zahlreichen Larvenparasiten wurde der Lebenszyklus *Pleurotropis coffeicola* Ferr. näher gewürdigt. Durch Verlängerung der Puppenruhe ist der Lebenskreis des Parasiten mit dem des Wirtes in Einklang gebracht. Die Parasiten können eine große Rolle beim Massenwechsel spielen (Beispiel). Ihr Eingreifen kommt aber zu spät, um in jedem Fall Ernteverluste zu verhindern.

16. Der Einfluß der Witterung auf die einzelnen Entwicklungsstadien der Motten ist verschieden hoch. Es gibt „geschützte“ und „ungeschützte“ Stadien.

17. Die Kaffeepflanze besitzt eine hohe Regenerationsfähigkeit, die unter optimalen Bedingungen Substanzverluste in kurzer Zeit ausgleichen und auch Ernteverluste in späteren Blütenfolgen bis zu einem Grade mildern kann.

18. Auf Grund dieser Erkenntnisse wird ein neues Bekämpfungsverfahren vorgeschlagen, das unter Berücksichtigung der biologischen Daten, des Parasiteneinflusses und der Fähigkeit der Pflanze von einer generellen chemischen Bekämpfung zu irgendeinem Zeitpunkt absieht und eine bessere Felderkontrolle und ein jeweiliges Spritzen kleiner Areale nach Bedarf vorschreibt.

H. Schrifttum

1. BODENHEIMER, F. S., Z. angew. Entom. 12, S. 473, 1927.
2. GONZALES, S. S., Philipp. J. Agr. 6, Nr. 4, S. 365. Manila 1935.
3. HOFMANN, C., Z. angew. Entom. 20, S. 51, 1934.
4. KIRKPATRICK, T. W., Rep. E. Afr. Agr. Res. St. Amani 11, 1938. London H. M. S. O. 1939.
5. LE PELLEY, R. H., Bul. Ent. Res. Vol. 23, S. 217—228, 1932.
6. MORSTATT, —, Kaffeeschädlinge und Krankheiten Afrikas. Kol. Wirtsch. Kom. Berlin 1937.
7. NOTLEY, F. B., Rep. Coffee Res. Exp. St. Lyamungu, Moshi 5 (1938), S. 29—38. Dar-es-Salaam 1940.
8. SCHIMITSCHEK, E., Z. angew. Entom. 18, S. 460, 1931.
9. STELLWAAG, F., Die Schmarotzerwespen als Parasiten. Monogr. Z. angew. Entom. 6. Berlin 1926.
10. WASHBOURN, R., Bul. Ent. Res. 30, S. 455—465. London 1940.

An dieser Stelle möchte ich Herrn H. BUEB, durch dessen Unterstützung meine Untersuchungen in Ostafrika möglich wurden, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Erfahrungen mit neuartigen Insektiziden im Ausland

Von

H. BLUNCK, Bonn

(Nach einem Vortrag, gehalten auf der Tagung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes in Marburg a. d. Lahn am 8. April 1948)

Das Streben nach Ersatz der früher üblichen Standardmittel durch weniger gefährliche oder leichter in genügender Menge beschaffbare Insektizide sowie das Bedürfnis nach Vervollkommen der Anwendungsformen hat auch im Ausland während und nach dem Kriege eher eine Verstärkung als eine Abnahme erfahren.

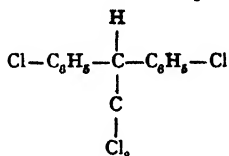
In bezug auf den Umfang der geleisteten Versuchsarbeit waren dabei die USA bei weitem führend. Viele Hunderte, teils schon länger bekannter, teils neu entwickelter chemischer Körper wurden dort auf insektizide Potenzen durchgeprüft. Anorganische Verbindungen spielten dabei allerdings höchstens als wirkungsteigernde Zusätze (Kaliumammoniumselensulfid, TRAPPMANN, 1948, S. 42) eine Rolle. Der Nachdruck lag auf der Arbeit mit solchen Mitteln, welche die organische Chemie oder die Natur in Form vegetabilischer Substanzen zur Verfügung stellt. Auf beiden Gebieten blieben den USA aber Groß Erfolge versagt. Es gelang bis in die letzte Zeit hinein nicht, chemische Verbindungen zu ermitteln, welche die alten Mittel an Wirksamkeit erreichen oder übertreffen und gleichzeitig frei von unerwünschten Eigenschaften sind. Auch das in den 30er Jahren propagierte, gegen manche Insekten vielleicht etwas besser als Bleiarsenat wirkende, unter dem Namen Phenothiazin bekannte Thiodiphenylamin hat auf die Dauer als zu leicht zersetzlich und zu teuer enttäuscht. Von den neu in Prüfung genommenen vegetabilischen Produkten erwies sich keins als konkurrenzfähig mit Pyrethrum oder gar mit Nikotin und Derris.

Nicht glücklicher waren die Ergebnisse in den UdSSR und anderen außereuropäischen Ländern, in denen sich die einschlägigen Anstrengungen allerdings in wesentlich bescheidenere Rahmen hielten.

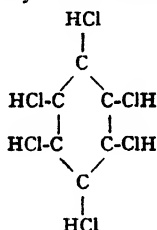
Um so überraschender kamen dann in den Jahren 1939—1942 in 4 europäischen Staaten die sich Schlag auf Schlag folgenden Entdeckungen synthetisch gewonnener Hochleistungsmittel, welche an insektizider Wirkungsbreite und -intensität alles bisher Bekannte in den Schatten stellen und Idealpräparaten nahekommen. Ihr Wert dokumentiert sich in der unerhört schnellen Einbürgerung in die Praxis.

Innerhalb weniger Jahre eroberten sie sich den Weltmarkt, begannen, die alten Präparate einschließlich der bisherigen Standardmittel zu verdrängen und bewirkten damit im Pflanzenschutz eine Revolution, die höchstens in dem Aufkommen der Kupferkalkbrühe als unserem heute noch universellsten Pilzgift ein Analogon findet.

In das Verdienst dieser Entdeckungen teilen sich die Schweiz, Frankreich, England und Deutschland. Nähere Würdigung der deutschen Leistung ist heute nicht meine Aufgabe. Das Thema dieses Berichts beschränkt den Stoff auf die Leistungen des Auslandes. Sie kristallisieren sich zur Hauptsache um 2 und nur 2 Gruppen organischer Körper, nämlich um das Dichlordiphenyltrichloräthan



und um das Hexachlorcyclohexan



mit ihren Isomeren. Beide Verbindungen sind lange bekannt, ihre insektiziden Eigenschaften wurden aber erst jetzt offenbar.

Die heute als DDT-Produkte weltbekannten Mittel auf der Basis von Dichlordiphenyltrichloräthan oder, genauer gesagt, des $\alpha\alpha$ -Dichlordiphenyl- $\beta\beta\beta$ -trichloräthan oder 2,2'-bis [parachlorphenyl]-1,1,1-trichloräthan sind bekanntlich ein Produkt der J. R. Geigy A.-G., Basel. Die ersten insektiziden Präparate solcher Art wurden um 1939 hergestellt. 1942 erfolgte die erste einschlägige Veröffentlichung. Sie stammt von WIESMANN und trägt bezeichnenderweise den Titel „Neue Versuche mit Arsen-Ersatzstoffen im Obstbau“ (1942, S. 155—165). Das gleiche Jahr bringt noch 4 weitere Abhandlungen über Gesarol. Insgesamt erschienen über DDT-Produkte als Pflanzenschutzmittel

1942	5 Artikel, dagegen
1943	mindestens 32
1944	„ 125
1945	über 200

Für 1946 und 1947 liegen mir noch nicht alle Arbeiten vor, die Bewegung scheint sich aber inzwischen fortgesetzt zu haben. Das in dem Anschwellen der Publikationen zum Ausdruck kommende, sprunghaft steigende Interesse spiegelt sich auch in einem Vergleich mit der Zahl

der Abhandlungen über andere Insektizide. Im Review of applied Entomology (Serie A) wurden 1946 besprochen über

DDT-Präparate	104	Arbeiten
Bleiarsenat-haltige Mittel	77	„
Nikotin- „ „	73	„
Pyrethrine- „ „	47	„
Rotenon- „ „	47	„
Calciumarsenat- „ „	41	„
Phenothiazin- „ „	5	„

Der Art der Leistung nach ist DDT ein Nervengift. Es entwickelt aber auch im Darm stark toxische Eigenschaften. Als Atemgift spielt es keine Rolle, da es bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtig ist. Haupteintrittspforten sind bekanntlich die Hautsinnesorgane, die vor allem an den Fußsohlen, dann aber auch an den Fühlern und an den Mundanhängen gehäuft stehen. Dank ausgesprochener Lipoidlöslichkeit kann DDT bei längerem Kontakt auch stärker chitinisierte Teile der Körperdecke von Arthropoden durchsetzen. LÄUGER (LÄUGER, MARTIN und MÜLLER, 1944, S. 892—928) hat die Vermutung ausgesprochen, daß der Dichlormethyl-Komplex im Molekül des Wirkstoffs die lipoidlösliche Komponente und daß das kondensierte Chlorbenzol-System das Gift repräsentiert, eine Auffassung, die aber nicht unwidersprochen geblieben ist. Im Organismus soll der Wirkstoff Umsetzungen erfahren, bei denen Salzsäure frei wird. Darauf beruht nach Meinung einiger Autoren (MARTIN und WAIN, 1944, S. 121—140) seine Giftigkeit. Eine andere Auffassung geht dahin, daß DDT an Stelle des im Molekülbau ihm ähnlichen Inosit in die Zelle eintritt und durch Ausschalten der lebenswichtigen Funktion dieses Körpers den Tod herbeiführt.

Die beispiellose Schnelligkeit, mit der sich die DDT-Präparate den Weltmarkt erobert haben, beruht auf ihrer bis dahin von keiner anderen synthetisch gewonnenen Substanz erreichten Wirkungsintensität und Wirkungsbreite, ihrer relativen Harmlosigkeit für Menschen und Nutztiere, ihrer Ungefährlichkeit für die weitaus meisten Pflanzen, ihrer relativen Beständigkeit gegen Wärme und Tageslicht, ihrer Mischbarkeit mit vielen anderen Pflanzenschutzmitteln, ihrer vielseitigen Anwendungsform und nicht zuletzt auf den niedrigen Herstellungskosten. Den ersten Veröffentlichungen nach zu urteilen, schienen die DDT-Mittel sogar in bezug auf alle diese Eigenschaften das denkbar vollkommenste Ideal zu verkörpern. Nähere Prüfung hat später ergeben, daß einige Abstriche nötig sind. Die toxische Dosis ist für einen Teil der Insekten zum mindesten bei Verabreichung per os höher als bei einigen älteren Insektiziden. Sie soll nämlich z. B. bei 0,3 g schweren Raupen von *Mamestra brassicae* L. um 0,037 mg je Gramm Körpergewicht liegen (MARTIN und WAIN, 1944, S. 121—140), während bei Bleiarsenat für Seidenraupen die tödliche Dosis sogar schon bei 0,09 mg und bei Rotenon gar bei 0,003 mg erreicht ist (SHEPARD und CAMPBELL, 1932, S. 142—144). Für 2 g

schwere Heuschrecken ist die letale Dosis je Gramm Körpergewicht bei Verabreichung per os auf über 50 mg ermittelt (KEARNS, INGLE und METCALF, 1945, S. 661—668). Die Wirkungsbreite erstreckt sich zwar über den weitaus größten Teil der Insekten und viele andere Arthropoden, wobei die Vollkerfe oft stärker als die Larven, und die Eier am wenigsten reagieren, einzelne Gruppen, vor allem aber eine erhebliche Zahl von Blattlausarten und die Schildläuse sind aber gegen DDT zum mindesten, wenn dieses in Form von Stäubemitteln oder Spritzsuspensionen angewandt wird, bemerkenswert unanfällig. Andererseits sind die Nutztiere keineswegs alle resistent. Viele Raub- und Schmarotzerinsekten erliegen dem Gift nicht minder leicht wie das Gros der Schädlinge, und auch die Honigbiene ist entgegen anfangs geäußelter Erwartungen nicht unbedingt DDT-fest. Es wirkt auf sie als Hautgift schon in 1 Prozent. und als Magengift gar schon in 0,05 Prozent. Konzentration (HOLST, 1941, S. 253—255). Giftig ist der Wirkstoff auch für Fische und Frösche. Relativ widerstandsfähig und bei vorschriftsmäßiger Anwendung kaum gefährdet sind die Warmblüter, also die Vögel und die Säugetiere. Absolut harmlos sind die Präparate leider auch nicht für den Menschen, wenigstens nicht, wenn der Wirkstoff in Öl gelöst lange Zeit auf der Haut verweilt oder gar per os eingenommen wird (ANNAND and others, 1944, S. 125—159). In den letzten Jahren sind unter solchen Umständen eingetretene Vergiftungen bekannt geworden. Als Symptome wurden Kopfschmerz, Schwindel und Lähmungen registriert. Die Zahl solcher Fälle ist gering. Trotzdem wurde die zulässige Höchstmenge von DDT auf behandelten Äpfeln und Birnen in den USA auf 7 : 1 000 000, d. h. auf 7 g DDT auf 1000 kg Obst beschränkt (Anon. Ill. Hort. Quincy, 1946, 35, nr. 1, S. 4—5, DECKER, 1946, S. 557—562). Laut einer mir unlängst bekannt gewordenen Mitteilung aus dem amerikanischen Hauptquartier haben Unglücksfälle zu der Aufforderung geführt, beim Zerstäuben von DDT-Lösungen Gesichtsmasken und Schutzkleidung anzulegen (Bw., 1948, S. 26). Ob eine so weitgehende Belastung nötig ist, darf bezweifelt werden. Wenn aus dem Umgehen mit DDT leicht bedenkliche Folgen erwachsen würden, müßten sich diese wohl vor allem in den Herstellungstätten der Präparate gezeigt haben. Meines Wissens ist aber aus den DDT-Fabriken noch kein einziger Vergiftungsfall bekannt geworden. Das gleiche gilt für die Erfahrungen mit DDT als Läusepulver, obgleich dieses in den anglo-amerikanischen Armeen im letzten Kriege im größten Umfange als solches eingesetzt ist. Daß mit DDT anstatt mit Backpulver bereiteter Kuchen, wie ein außerhalb Europas vorgekommener Fall beweist, gesundheitsschädlich ist, kann schließlich nicht wundernehmen. Falls allerdings dem DDT akkumulierende Wirkung zukommt, wie gelegentlich behauptet wurde, gewinnt das Problem ein anderes Gesicht.

Unter den Kulturpflanzen haben sich Gurkengewächse als bedingt anfällig, einige andere Arten, z. B. *Phaseolus*-Bohnen, als in taufeuchtem Zustand nicht absolut resistent erwiesen.

Bei bedecktem Himmel ist DDT hinreichend beständig, so daß ausgebrachte Staub- und Spritzbeläge noch nach Wochen für Insekten hochgiftig sein können, bei langdauernder Besonnung wird DDT aber zersetzt.

Mit den meisten Insektiziden ist der Wirkstoff mischbar, ohne an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Ohne weiteres möglich ist z. B. die Kombination mit Bleiarсенat, bedingt die mit Nikotin (FLECK und HALLER, 1945, S. 403—405). Verträglich sind die Präparate auch mit kupfer- und schwefelhaltigen Fungiziden. Das in der Schweiz im Handel befindliche Gesarex der J. R. Geigy A.-G., Basel, ist ein Spritzmittel, das zugleich DDT, Kupfer und Schwefel enthält. Hinreichend unbedenklich ist wohl auch die Mischung mit Kupferkalkbrühe (HOUGH, 1945, S. 183—192; HURT, Virginia Fruit 34 (1), 119—122, 1946). Etwas mehr sinkt die insektizide Wirkung bei Kombination mit Schwefelkalkbrühe ab (HOUGH, 1945, S. 183—192). Stärker basische Verbindungen zerstören das Insektizid aber ziemlich schnell, und zwar wohl immer unter Freisetzen von Salzsäure. Das Dichlordiphenyltrichloräthan geht dabei in das fast ungiftige Dichloräthylenderivat (DDX) über (MARTIN und WAIN, 1944, S. 121—140).

Bestätigt hat sich die nahezu unbeschränkte Möglichkeit der Anwendungsformen. DDT kann verstäubt, in wässriger Aufschwemmung oder in Form von Emulsionen gespritzt, in Gestalt von Aerosolen versprüht und unter Umständen auch verdampft werden. In letzterer Form spielt es allerdings vorläufig praktisch kaum eine Rolle.

Das in die Präparate eingearbeitete technische DDT ist kein reines Dichlordiphenyltrichloräthan. Es enthält regelmäßig bei der Herstellung mit anfallende verwandte chemische Verbindungen in etwas wechselnder Menge und Zusammensetzung. In den USA (HALLER and others, 1945, S. 1591—1602, CRISTOL, HAYES und HALLER, 1945, S. 470—472) durchgeführte Analysen ergaben bei einem Gehalt von mehr als 70 % der Para-para'-Isomere als Hauptbeimengung das Ortho-para'-DDT, also das 1-trichlor-2-o-chlorphenyl-2'-p-chlorphenyläthan. Insgesamt wurden aus vielen Proben 14, größtenteils dem DDT verwandte Verbindungen isoliert, die sich sämtlich als viel weniger giftig als der Kernwirkstoff erwiesen.

Bei den fertigen DDT-haltigen Pflanzenschutzmitteln wechselt der Gehalt an DDT je nach Anwendungsform und Anwendungsgebiet zwischen einigen wenigen und 20 oder noch mehr Prozent.

Die Stäubemittel enthalten in der Regel etwa 3—5 %, in Sonderfällen (Kartoffelkäfer) bis 10 % Wirkstoff. Als Inertmittel figuriert fast immer Talkum und zwar Talkum bester Qualität. Unreine Talkumarten beeinträchtigen, vielleicht infolge katalytischer Einwirkung der Beimengungen, die insektizide Leistungsfähigkeit des Präparats. Als Ersatzmittel für Talkum sind im Ausland ebenso wie bei uns viele andere Substanzen geprüft worden, keins hat sich aber besser als dieses bewährt. Ihm am nächsten kommt wohl Pyrophyllit, das aus dem Mineral Phyllit, einem kristallinen, quarzreichen Schiefer, gewonnen wird und in den

USA als Inertmittel eine große Rolle spielt. Als ungeeignet erwiesen sich aus dem schon erwähnten Grunde stark alkalische Mittel wie Kalk. Auch Bentonit, eine besondere, sehr kolloidale Form von Ton, mindert bei Zusatz in größerer Menge die Güte des Präparats (CAMPAU und WILSON, 1944, S. 117, 119, 121). In den USA beginnt man neuerdings, den Stäubemitteln ein paar Prozent Öl (z. B. 2% Mineralöl, GLASGOW, 1946, S. 195—199) zuzusetzen. Diese Beigabe soll eine wesentliche Leistungssteigerung zur Folge haben. Gleichsinnig soll sich Velsicol 60, ein methyliertes Naphthalinpräparat, in einer Gabe von 2% auswirken. Kleinversuche dieser Tendenz liegen auch mit Xylol, Benzol und einigen anderen guten Lösungsmitteln vor.

Von entscheidender Bedeutung ist die Korngröße der Partikel. Sie bewegt sich im allgemeinen zwischen 10 und 50 μ . Geht sie wesentlich darüber hinaus, so läßt die Leistung der Mittel empfindlich nach, vielleicht zum guten Teil infolge Abnahme des Haftvermögens. Das Versagen eines Teils der deutschen Stäube-Gesamol-Präparate in den Jahren 1945 und 1946 beruht übrigens nicht zuletzt auf dieser physikalischen Insuffizienz. Meine Versuche beweisen das eindeutig. Die Korngröße versagender Präparate ging bis $200 \times 500 \mu$.

In Wasser ist der Wirkstoff unlöslich. Bei den üblichen Spritzbrühen handelt es sich bekanntlich nicht um Lösungen sondern um Aufschwemmungen pulverförmiger Präparate in Wasser. Bei diesen „Spritzpulvern“ beträgt der DDT-Gehalt meist 10—20%, bei einigen Präparaten aber auch bis 50%. Zusätze dienen der leichteren Verteilung beim Ansetzen der Brühen, der Steigerung des Benetzungsvermögens und als Haftmittel. In Europa benutzt man dabei in der Regel Kreide als Streckmittel, die als Zellpech bezeichneten eingedickten Abträgen der Sufit-Zellstofffabrikation als Klebemittel und spezifische Netzmittel. In den USA scheint man sich ursprünglich der gleichen Produkte bedient zu haben, in den letzten Jahren tauchen daneben oder statt dessen aber auch andere Substanzen auf. Als Streck- und Mischmittel bereits länger viel benutzt wird dort der schon erwähnte Pyrophyllit. Dem zuweilen mit einbezogenen china clay dürfte die gleiche Rolle zukommen. Die Beigabe von Bentonit soll sich nur so lange günstig auswirken, als sie in bescheidenen Grenzen bleibt. Als Netz- und Haftmittel finden sich vielerlei recht verschiedenartige Substanzen genannt, so Natriumoleylsulfat, Natriumlaurylsulfat, Alkyl-naphthalinsulfonat, Dimethylmethansulfonat, Agral 2, Seifenpulver, Fischleim und allerlei harzartige Elemente. In den letzten mir bekannt gewordenen Arbeiten wird ferner ebenso wie bei den Stäubemitteln des öfteren über Beigabe von etwas Öl berichtet. Ebenso wie die vorgenannten Stoffe wird dieses aber nicht immer schon in das Spritzpulver eingearbeitet sondern erst kurz vor dem Ansetzen der Brühe zugemischt oder in das Wasser eingerührt (BARNES, 1946, S. 152—155). Der Zusatz muß sich in bescheidenen Grenzen halten, da es sonst zu Blattverätzungen kommen kann (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.). In der Regel hält

er sich unter 1% und geht, soweit mir bekannt, nie über 3% hinaus.

Die in bezug auf Steigerung der Netz- und Haftpotenzen der Präparate erzielten Erfolge sind beachtlich. Die Spritzbeläge bleiben mehrere Wochen haltbar. Ihre Leistung sei am Beispiel der Obstmadenbekämpfung belegt. Daß der DDT-Wirkstoff für die Larve von *Cydia pomonella* L. hochgradig giftig ist, ergaben schon die ersten einschlägigen Versuche, über die WIESMANN 1942 (1942, S. 155—165) und 1943 (1943, S. 171—204) aus der Schweiz berichtete. Die damaligen Präparate blieben aber in der Leistung hinter der von Bleiarsenat zurück. Bei uns ist das noch heute der Fall. In den USA ist die Lage jetzt umgekehrt. Unter 18 mir aus den Jahren 1945 und 1946 bekannt gewordenen Berichten befindet sich nur einer (HOUGH, 1945, S. 183—192), bei dem DDT ein wenig schlechter, und einer, bei dem es gleichgut wie Bleiarsenat derselben Konzentration abschnitt. In allen anderen Fällen war es diesem eindeutig und oft überraschend überlegen. Dieser Umstand ist für die USA von besonderer Bedeutung, weil dort in verschiedenen Gebieten gegen Bleiarsenat resistente Rassen von *C. pomonella* in Bildung begriffen zu sein scheinen (HARMAN, 1945, S. 46—53, HOUGH, 1945, S. 190—194, PORTER, 1944, S. 24—29). Auch für uns ist die jetzt gewonnene Überlegenheit von DDT über Bleiarsenat natürlich nicht gleichgültig. Bei dem Bestreben, durch Steigerung des Haftvermögens der DDT-Brühen ihre Wirksamkeit zu erhöhen, werden wir uns aber vor Übertreibung hüten müssen. In den USA ist es heute schon so weit gekommen, daß man Mühe hat, die Spritzbeläge nach der Ernte von behandelten Früchten wie Äpfeln und Orangen wieder zu entfernen. Die Lage ist in dieser Beziehung in Einzelfällen anscheinend sogar schwieriger als nach dem Einsatz von Bleiarsenat. Letzteres läßt sich bekanntlich mittels Waschens der Früchte wieder entfernen. Die DDT-Beläge haften aber neuerdings zuweilen so fest, daß sie sich weder abwaschen noch abbürsten lassen. Auch in bezug auf DDT-Belag der Früchte sind aber, wie gesagt (s. S. 80), amtlich Grenzen gesetzt, die nicht überschritten werden dürfen. An der Lösung des Problems wird im Augenblick noch gearbeitet (BOYCE, 1944, S. 76—77).

Wichtig ist, daß ebenso wie bei den Stäubemitteln die Korngröße des Wirkstoffs und der Beistoffe auch die Leistungsfähigkeit der Spritzpräparate beeinflußt. Ich zitiere zum Beleg aus einer Versuchsserie, die 1945 in Kentucky, USA, lief, daß DDT mit einem durchschnittlichen Durchmesser der Partikel von $2,5\mu$ 95%, solches mit 10 bzw. 25μ Durchmesser dagegen nur 74 bzw. 71% Sterblichkeit der Obstmaden bewirkte (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.).

Hingewiesen werden muß in diesem Zusammenhang auf die Beziehungen zwischen Bekämpfung der Obstmade mit DDT und dem Auftreten von Spinnmilben. Bekanntlich wird nach Bespritzen der Apfelbäume mit Gesarol oft über Zunahme des Befalls durch *Paratetranychus pilosus* C. und F. geklagt. Man geht schwerlich fehl in der Annahme,

daß diese unerfreuliche Erscheinung auf Vergiftung der natürlichen Feinde der Milben durch den DDT-Wirkstoff beruht. Dieser Übelstand wird sich kaum ausschalten lassen. Das Nächstliegende wäre natürlich, die DDT-Präparate so zu verbessern, daß ihnen auch die Spinnmilben erliegen. An Ansätzen dazu fehlt es nicht. Bei einem 1944 in den USA mit besonderer Sorgfalt ausgeführten Großversuch (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1944, S. 153—169) erreichten auf der mit DDT (450 g/378 l = etwa 0,1 %) , Pyrophyllit (? 7 %) , Mineralöl (1 l/378 l = etwa 0,3 %) und Bentonit (etwa 100 g/378 l = etwa 0,03 %) behandelten Parzelle nur wenige Milben die Reife, während die Bäume auf allen anderen DDT-Versuchsstücken vorzeitig das gesamte Blattwerk verloren. Auf der gleichen Parzelle lag auch die Abtötungsziffer für Obstmaden mit 99 bzw. 94 % bald nach der Behandlung bzw. bei der Ernte günstiger als auf den restlichen Stücken, einschließlich der Bleiarсенatparzelle, für die die Totenziffer 64 bzw. 50 % lautete. Entsprechendes beobachteten die gleichen Verfasser (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.) 1946 auf den unter Zusatz von 0,25 % Öl behandelten Parzellen. Sie folgern daraus, daß DDT-Spritzbrühen schon bei geringem Ölgehalt für Spinnmilben hochgradig giftig sind. Die Behandlung muß aber oft wiederholt werden, da die auf den Bäumen verbleibenden Spritzbeläge für Milben nicht lange toxisch sind, während sie ihre Giftigkeit für Raubinsekten behalten. Die Befunde sind gewiß beachtlich, bedürfen aber wohl in ihren Folgerungen noch der Bestätigung.

Um so wichtiger ist es, daß die Zunahme der Milbenpopulation nach DDT-Einsatz auf anderem Wege sicher verhindert werden kann. Es handelt sich dabei um Kombination der Gesarolbehandlung mit dem Einsatz nitrierter zyklischer Kohlenwasserstoffe. Bei weitem am besten hat dabei das allerdings wohl nicht ganz billige Dicyclohexylaminsalz von Dinitro-o-cyclohexylphenol abgeschnitten. Auf Bäumen, die in einem Großversuch in Indiana, USA, am 20. und 30. Juli 1945 mit DDT und dieser Verbindung unter Zusatz von Mineralöl behandelt waren, hatte der Milbenbefall am 17. August entschieden abgenommen, während auf den unbehandelten Bäumen eine Zunahme von 840 % registriert wurde (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.). Daß Körper solcher Art für Milben hochgradig giftig sind, ist schon seit 1936 bekannt. Damals griffen BOYCE und PRENDERGAST (1936, S. 218—219) *Paratetranychus citri* McG. erfolgreich mit 2,4-Dinitro-6-cyclohexylphenol an. Die erwünschtesten phytopathologischen Eigenschaften kommen aber augenscheinlich dessen Dicyclohexylaminsalz zu. Dieses ist ein spezifisches Milbenmittel. Es hat sich vielfach gegen *Paratetranychus pilosus* C. und F., in Südafrika auch gegen *Bryobia praetiosa* Koch bewährt und wird außerdem gegen *Tetranychus telarius* L., *T. pacificus* McG., *T. sex-maculatus* Ril., *T. bimaculatus* Harvey und *Paratetranychus citri* McG. empfohlen. Es kann sowohl als Winter- wie als Sommerspritzmittel und in letzterem Fall in Kombination mit DDT Anwendung finden. In einem

Fall (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.) wurden dabei an Apfellaub leichte Ätزشäden beobachtet. Sie hielten sich aber in bescheidenem Ausmaß als dort, wo die Milben nicht bekämpft waren. In England ist das Mittel jetzt patentiert und trägt den Namen Dynone.

Die Aufschwemmung in Wasser ist die gebräuchlichste Form der Anwendung von DDT als Spritzmittel. Für besondere Zwecke wird aber auch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, den Wirkstoff in Ölen usw. (Toluol, Xylol, Aceton, Petroleum, Velsicol AR-60 — ein Isomeren-gemisch von alkylsubstituierten Naphthalinen) mit oder ohne Beigabe von Kopplern wie Cyclohexanol, niedrigeren Alkoholen, Laurylalkohol oder Glycerylmonooleat zu lösen und dann mit Wasser zu einer Emulsion (s. z. B. HACKMAN, 1946, S. 77—85) zu verarbeiten. Solche Emulsionen hat man unter anderem zur Bekämpfung von Drahtwürmern, über-winternden Thripsen und der Larven der Möhrenfliege (*Psila rosae* F.) im Wege der Bodendesinfektion, mit mehr Erfolg und in größerer Aus-dehnung aber auch oberirdisch eingesetzt, vor allem, wenn es sich um schwer zu benetzende Schädlinge handelt. Zur Bekämpfung der Erbsen-blattlaus *Macrosiphum onobrychis* Boy. hat sich z. B. eine Lösung von DDT in Xylol oder Äthylendichlorid unter Beigabe des Aralkylpolyäther-alkohols Triton X-100 bewährt (DITMAN, 1946, S. 219—222). Bekannte Handelsmittel sind das 5 % DDT-haltige, in $\frac{1}{2}$ —2prozent. Konzen-tration anzuwendende Gesapon und das vor kurzem zu diesem hinzu-gekommene, wohl mit einem besonders hochwertigen Emulgator bedachte Gesafid. Letzteres bildet einen praktisch unsichtbaren aber wochenlang haltbaren Spritzbelag, ist also auch und vor allem zur Behandlung von Zierpflanzen geeignet. In 0,2—0,3prozent. Konzentration hat es sich gegen die mannigfachsten Schädlinge wie Käfer, Raupen, Blattflöhe, Thripse und Wanzen, in etwas stärkerer Dosis (0,5 %) auch gegen Weiße Fliege, Blattläuse und vor allem gegen Wolläuse auf das beste bewährt. Von fast allen Pflanzen wird es gut vertragen. Eine Aus-nahme bilden gewisse, als besonders empfindlich bekannte Farne, die Gesneraceen und Kalanchoë.

Als spezifisches Mittel gegen Vorratsschädlinge hat die Schweiz ferner unlängst auf DDT-Grundlage ein Präparat Geigy 33 heraus-gebracht. Dieses wird sowohl als Stäubemittel mit 10 % p,p'-DDT wie als konzentrierte Lösung gehandelt. Geigy 33 flüssig dient in 3prozent. Konzentration zum Behandeln der Wände, der Decken und der Gestelle in Lagerräumen sowie zum Imprägnieren leerer Säcke, die $\frac{1}{2}$ Stunde in 1prozent. Lösung gebadet werden. Es schützt u. a. gegen Mehlmotten-befall. Geigy-33-Stäubemittel ist zur prophylaktischen Behandlung von Lagergetreide bestimmt. Es wird den Körnerfrüchten beigemischt und gewährt dann Dauerschutz gegen Korn- und Reiskäfer, Mehlkäfer, Bohnenkäfer, Brotkäfer usw. Das Getreide erfährt keine Veränderung in bezug auf Griffigkeit und Hektolitergewicht, es leidet auch nicht an Keimfähigkeit. Beim Mahlprozeß gehen 90 % des Belags im Separator und in der Schälmaschine, der Rest bis auf Spuren mit der Kleie weg,

so daß die Behandlung von Körnerfrüchten mit diesem Präparat in der Schweiz amtlich zugelassen ist.

In den USA hat man den in Aceton gelösten Wirkstoff (10 : 1) versuchsweise auch zum Imprägnieren papierner Packungen von Mehl und Dörrobst benutzt und damit vollkommeneren Schutz gegen Vorrats-schädlinge wie *Rhizopertha dominica* F. und *Tenebrioides mauritanicus* L. als mit allen anderen geprüften Chemikalien erreicht (COTTON, BALZER und YOUNG, 1944, S. 125—159).

Die Behandlung der DDT-Präparate abschließend sei noch bemerkt, daß der Wirkstoff versuchsweise auch in Köder zur Vergiftung von Heuschrecken (HINMAN, 1944, S. 125—159, WILSON, 1944, S. 125—159) eingearbeitet ist und daß dabei etwa gleich gute Ergebnisse wie mit den gebräuchlichen arsen- und fluorhaltigen Ködern erzielt wurden.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, durch Synthese von Verbindungen, die mit DDT verwandt sind, zu Stoffen von noch größerer insektizider Potenz zu gelangen. Das ist zum mindesten bislang nicht gelungen. Relativ am bekanntesten wurde das 1,1-Dichlor-2,2-bis[parachlorphenyl]-äthan, das im phytopathologischen Schrifttum unter den Bezeichnungen DDD, TDE und Rothane läuft (BISHOPP, 1946, S. 449—459). Es hat sich gegen allerlei Insekten, vor allem gegen Lepidopteren, als stark toxisch erwiesen, kommt in der Leistung aber meist mit DDT nicht mit. Das gleiche gilt für das Methoxy-Analogon von DDT, d. h. für 1,1,1-Trichlor-2,2-bis[paramethoxyphenyl]-äthan (BISHOPP, 1946, S. 449—459). Auch das Brom-Analogon von DDT 1,1,1-Trichlor-2,2-bis[parabromphenyl]-äthan war zum mindesten gegen die bisher eingesetzten Testtiere (*Melitt a cucurbitae* Harr.) mit DDT nicht konkurrenzfähig.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Präparate aus der zweiten der eingangs als Träger der revolutionären Bewegung im Markt der Insektizide bezeichneten Körpergruppe, also zum Hexachlorcyclohexan und seinen Verwandten. Es ist höchst merkwürdig, daß die toxischen Eigenschaften dieser Verbindungen so bald nach Entdeckung der insektiziden Potenzen des DDT bekannt geworden sind. Jahrzehnte lang hat die Wissenschaft unter Durchprüfung von vielen Tausenden von Körpern sich vergeblich um Ersatz der Arsenpräparate durch harmlosere, synthetisch herstellbare Insektengifte bemüht, und jetzt werden innerhalb 3 Jahren zwei Verbindungen aus ganz verschiedenen Körpergruppen ermittelt, die, wenn wir von gewissen vegetabilischen Substanzen (Derris, Nikotin) absehen, an Wirkungsbreite und Wirkungsintensität für Arthropoden alles bisher bekannte bei gleichzeitig relativer Harmlosigkeit für Menschen und warmblütige Nutztiere in den Schatten stellen. Noch seltsamer mutet an, daß die Entdeckung der toxischen Eigenschaften des Hexachlorcyclohexan fast synchron in zwei verschiedenen Ländern, nämlich 1941 in Frankreich gegen Kleidermotten (RAUCOURT, 1945, S. 235—236) und 1942 in England gegen *Phyllotreta nemorum* L. (SLADE 1945, S. 279—281) erfolgte. Ganz korrekt ist die Darstellung allerdings so nicht. Wie ich dieser

Tage durch Herrn Dr. LAMMERING erfuhr, findet sich im Chemischen Zentralblatt aus dem Jahre 1936 (Bd. I, S. 1112) eine Notiz, wonach damals in einem amerikanischen Patent (A.P. 2 010 841 vom 21. Juli 1933, Ausg. 13. August 1935) vermerkt ist, daß Verbindungen von der Zusammensetzung $C_6H_4Cl_6$ „und andere Chloride“ bemerkenswerte insektizide Eigenschaften besitzen. Praktische Folgerungen sind damals aber nicht gezogen. Sie setzen erst mit Wiederentdeckung der Giftigkeit dieser Körper in Frankreich und England, also nach 1941 ein. Besondere Beachtung findet in den Reihen der Chemiker die zu weiteren Studien anregende Erscheinung, daß es sich sowohl beim DDT wie beim Benzolhexachlorid um gechlorte Kohlenwasserstoffe mit cyclischen Komponenten handelt.

Hexachlorcyclohexan, Benzolhexachlorid oder, wie das Ausland kurzweg sagt, „666“, tritt in mehreren Isomeren auf. Von den 13 theoretisch denkbaren Isomeren waren bis vor kurzem nur die α -, β -, γ - und δ -Verbindung bekannt. Unlängst ist aber die ϵ -Isomere hinzugekommen (KAUER, DUVAL und ALQUIST, 1947, S. 1335). Das Rohprodukt von 666 enthält nach Mitteilung von KAUER, DUVAL und ALQUIST (l. c.) etwa 55 % α -, 14 % β -, 10–12 % γ -, 8 % δ - und 3–4 % ϵ -Isomere. Die Zusammensetzung wechselt allerdings stark. So wird sie in einer älteren Quelle mit 70 % α -, 5 % β -, 10–12 % γ - und 14 % δ -Isomere angegeben. Die α -Isomere ist mäßig giftig, die β -Verbindung fast und die ϵ -Verbindung praktisch ganz ungiftig. Träger der erwünschten Eigenschaften ist die γ -Isomere, für die sich inzwischen die Bezeichnung Gammexan eingebürgert hat.

Reines Gammexan ist eine kristallinische Substanz. Sie ist bei Sonnenlicht beständiger als DDT (SLADE, 1945, S. 279–281), bei gewöhnlicher Temperatur etwas flüchtig, ohne daß dadurch bei entsprechender Verpackung die Lagerfähigkeit gefährdet wäre, bei höherer Temperatur leicht verdampfbar und, solange sie nicht auf mehr als ein paar 100° C erwärmt wird, ziemlich hitzebeständig. Während Gammexan soweit verhältnismäßig stabil ist, zersetzt es sich in alkalischen Medien unter Abgabe von Salzsäure zu Trichlorbenzol und verliert damit seine insektiziden Eigenschaften. Mit alkalischen Trägerstoffen wie Kalk und kalkhaltigen Insektengiften (Kalziumarsenat) ist es also nicht mischbar, hinreichend kombinierbar anscheinend aber noch mit Kupferkalkbrühe, Pyrophyllit, Schwefel, Ton und Talkum, solange der pH-Wert im sauren Gebiet liegt. In natürlichen Wässern ist es einigermaßen beständig und unlöslich, in einer ganzen Reihe organischer Lösungsmittel dagegen verhältnismäßig leicht löslich (SLADE, 1945, S. 279–281).

Der Art der Wirkung nach handelt es sich wohl in erster Linie um ein Atemgift, dem aber gleichzeitig starke Kontakt- und Fraßgifteigenschaften zukommen (SLADE l. c.). Fraßabschreckende Eigenschaften hat Gammexan augenscheinlich kaum. Über die Art der Wirkung im Insektenkörper bestehen bislang nur Vermutungen. So hat man geäußert (SLADE l. c.), daß das Mittel ebenso wie DDT (s. S. 79) die von

Idositol, das auch dem 666 im Molekülbau ähnlich ist, abhängigen vitalen Prozesse in der Zelle blockiert, indem es an dessen Stelle tritt. Im Unterschied zu DDT verlieren die Gammexan-Präparate nach dem Ausbringen in freier Luft schnell an Wirksamkeit, wahrscheinlich, weil der Wirkstoff bald größtenteils verdampft.

In bezug auf Wirkungsintensität leistet Gammexan Hervorragendes. Es übertrifft dabei bei vielen Insekten noch das DDT. So soll die letale Dosis für 2 g schwere Heuschrecken bei Verabreichung per os für die γ -Isomere bei 5–10 mmg liegen, während sie, wie schon gesagt, für DDT auf über 50 mmg ermittelt ist. Im Unterschied zu DDT, sind bei ihr auch ovozide Wirkungen beobachtet worden. Sie ist diesem auch an Wirkungsbreite überlegen. So lauten alle Meldungen dahin, daß Gammexan schon in nicht emulgiert Form ein ausgezeichnetes Blattlausgift ist. Auch Spinnmilben sollen mit ihm gefaßt werden können, ferner die meisten übrigen Schadarthropoden. Das gilt unter den Insekten sowohl für die Hemimetabola, also z. B. für Thripse, Blattsauger und Wanzen, wie für die Holometabola, also für Blattwespen, Zweiflügler, Schmetterlinge und Käfer, unter den letzteren beachtlicher Weise auch für die gefürchteten Verborgenrüßler aus der Rüsselkäferverwandtschaft, z. B. für die Trieb- und Stengelrüßler *Ceutorrhynchus napi* Gyll. und *C. quadridens* Panz., die bislang allen Angriffen getrotzt haben (HÄNNI, 1946, Nr. 12). Es fehlt aber auch nicht an Insekten, gegen die Gammexan nicht voll befriedigend abschneidet oder gar völlig versagt. Das erstere soll z. B. in bezug auf den Mexikanischen Bohnenkäfer *Epilachna varivestis* Muls. (*Coccinell.*) gelten. Das gleiche ist, wie ich auf Grund eigener Erfahrungen hinzufügen darf, in bezug auf den Schmalbauch *Phyllobius oblongus* L., einem im Rheinland gefürchteten Schädling der Obstbaumschulen, der Fall. Das letztere gilt für die polyphage Raupe der Eule *Heliothis obsoleta* F. (= *armigera* Hbn.) (IVY und EWING, 1946, S. 38–41), einen gefährlichen Baumwollfeind, nach mehreren gleichlautenden Meldungen zu urteilen auch für *Cydia pomonella* L. (PASFIELD und HOLBECH, 1946, S. 488–491, PASFIELD und BRYDEN, 1946, S. 535 bis 538, TAYLOR, 1945, S. 129–133, BISHOPP, 1946, S. 449–459). In bezug auf die Wirkungsbreite sind also weder die 666- noch die DDT-Präparate Universalmittel, sie ergänzen sich aber bei weitgehender Überschneidung gut.

Für Pflanzen ist die Behandlung mit 666-Präparaten im allgemeinen harmlos. Bei Leguminosen (*Phaseolus*) wurden Keimschädigungen beobachtet. Wuchsstörungen, die bei frisch verpflanzten Obstbäumen, Rebenstecklingen, *Spiraea arguta*, *Sp. thunbergi* und keimenden Gräsern (Rasen) auftraten, verloren sich meist später (GÜNTHART, 1947, S. 62–63). Bei stark bestäubten Baumwollpflanzen erkrankten in einem Fall die jungen Spitzenblätter (IVY und EWING, 1946, S. 38–41). Ernstlich empfindlich zu sein scheinen nur die Cucurbitaceen. In Amerika soll es in Gewächshäusern bei *Cucumis*

Melo und *Cucumis sativus* des öfteren zu schweren Wachstumsschäden gekommen sein. In diesen Erscheinungen dokumentiert sich wohl die auch aus anderen Gründen zu folgernde Tiefenwirkung der Präparate. Ob es möglich sein wird, diese durch Zusatzmittel, welche das Eindringen der Spritzlösung in das pflanzliche Gewebe verhindern sollen, auszuschalten oder abzuschwächen, steht dahin. Einschlägige Versuche sind mit dem Ziel verlängerter insektizider Wirkung in bezug auf DDT bereits ausgeführt worden, so unter anderem mit Glycerylmonooleat, Aluminiumnaphthenat (HACKMAN, 1946, S. 77—85) und mit Aluminiumstearat (EBELING, 1945, S. 689—691). Über die Ergebnisse ist mir nichts bekannt. Der Wahl dieser Substanzen liegt aber wohl der Gedanke zugrunde, daß sie als Klebmittel einen in den Poren in den Blättern verstopfenden Film bilden können und außerdem als Haftmittel wirken.

In bezug auf die Möglichkeiten der Anwendungsform ist bei den Gammexan-Präparaten ein ebenso weiter Spielraum gegeben wie beim DDT. Man kann 666 verstäuben, aufgeschwemmt als Brühe oder gelöst als Emulsion in Wasser verspritzen, es läßt sich in Form fester oder flüssiger Präparate in den Boden einarbeiten, zur Bereitung von Giftködern verwenden, es läßt sich verschwelen und es kann schließlich in verflüssigter Form auch zur Herstellung von Aerosolen dienen.

Die Stäubemittel enthalten, soviel ich sehe, 1—10 % der γ -Isomere. Als Inertmittel fungieren Pyrophyllit, Talkum, Gips und Superphosphat (WALLACE, 1946, S. 16—31, SLADE, 1945, S. 279—281, TAYLOR, 1945, S. 129—133). Die empfohlene Dosierung schwankt zwischen 10 und 30 kg/ha.

Die Spritzpulver, welche zur Herstellung von Suspensionen bestimmt sind, unterscheiden sich zur Zeit in bezug auf den Gehalt an Wirkstoff noch erheblich. Meist lauten die Angaben auf etwa 10 % 666, wobei aber nicht immer klar zum Ausdruck kommt, ob dieser Wert sich auf die Rohware mit 10—12 % oder auf das raffinierte Produkt mit 30—40 % der γ -Isomere bezieht. In dem auch in Deutschland nicht unbekannten Präparat Hexa-941 der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag, A.-G., Dielsdorf, Zürich/Schweiz, sind 1,6 % der letzteren enthalten. Der Wirkstoff wird mit ähnlichen Inertmitteln wie DDT versetzt. So lautet ein mir vorliegendes Rezept auf 10 % 666, 3 % Ovus — ein Netzmittel mit 32 % Natriumlaurylsulfat — und 87 % Pyrophyllit, ein anderes auf 10 % 666, 3 % Sulfatlauge und 87 % Pyrophyllit. Dieser hohe Anteil der Gesamtsubstanz an Hilfsstoffen und im besonderen an indifferenten Substanzen wie Pyrophyllit und Talkum erscheint ihnen vielleicht zunächst als unnötiger Ballast. Er erklärt sich aber daraus, daß andernfalls die Suspendierbarkeit des Wirkstoffs leiden würde, der allein nicht gut schwebefähig ist. Entsprechendes gilt für Spritzmittel auf anderer Wirkstoffgrundlage. Gespritzt wird im allgemeinen mit 1—2prozent. Brühe (s. z. B. DUSTAN, ARMSTRONG und PUTMAN, 1946, S. 106—121).

Die zur Herstellung von Emulsionen bestimmten Präparate werden wie bei uns durch Lösen des Wirkstoffs in einem der gewöhnlichen Lösungsmittel, also in Methylnaphthalinen, Alkylaurylsulfonaten, Aceton, verseiften Fettsäuren usw. unter Zusatz ähnlicher oder der gleichen Stoffe wie bei DDT gewonnen. So lautet ein Rezept auf 100 g Rohware von 666, 10 cc Tritox X—100 und soviel Velsicol AR—60, daß insgesamt 100 cc Flüssigkeit zustande kommen. In einem anderen Beispiel ist Velsicol durch Aceton ersetzt (DUSTAN, ARMSTRONG und PUTMANN, 1946, S. 106—121). Auch sulfoniertes Rizinusöl (= Türkisch-Rotöl) (SLADE l. c.) fungiert als Emulgiermittel. Gelegentlich treten solche Präparate in Pastenform auf (PASFIELD und HOBECH, 1946, 488—491, PASFIELD und BRYDEN, ebenda). Gespritzt wird in 0,2 bis höchstens 1prozent. Konzentration.

Zur Bekämpfung im Boden lebender Insekten werden die gleichen oder nur wenig abgewandelte Mittel wie beim Stäuben und Spritzen benutzt. Ein für solche Zwecke spezifisches Präparat ist das Streumittel Hexaterr-142 der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag A.-G., Dielsdorf/Schweiz. Es enthält 2,5 % der γ -Isomere (GÜNTART, 1947, 45 S.). Gegen Schnellkäferlarven (THOMAS und JAMSON, Nature 157, S. 555, SLADE, 1945, S. 279—281), vor allem aber gegen Maikäfer (GÜNTART l. c.) sind mit solchen Fabrikaten gute und sehr gute Erfolge erzielt. GÜNTART (l. c.) berichtet über Versuche in der Schweiz, bei denen die Präparate Hexaterr-142 und Hexa-941 die Fraß-tätigkeit von Engerlingen sofort unterbanden und den Befall mit der Zeit ganz löschten. Noch nach $\frac{3}{4}$ bzw. 1 Jahr wirkte mit der Suspension (1,5 % zu 1—20 l/m²) bzw. mit dem Streumittel (130—540 kg/ha) behandelte Erde im Topfversuch auf 2jährige Engerlinge fraßhemmend bis tödlich. Mit 1 bzw. 1,8 l/m² 1,5 % Hexa-Suspension kurz vor der Eiablage begossenes Baumschul- bzw. Wiesengelände blieb ganz bzw. fast ganz befallsfrei, während auf den Kontrollparzellen etwa 3 Engerlinge je m² gezählt wurden.

Mit 666-haltigen Giftködern ist in den USA, in Nordafrika und in Neusüdwales, in den USA auch mit Stäubemitteln solcher Art (HILL und HIXSON, 1947, S. 137) gegen Heuschrecken gearbeitet, wobei der Wirkstoff in Kleie und Wasser, in Neusüdwales (ALLMAN, 1946, S. 171—172) unter weiterem Zusatz von Melasse (1 lb einer Mischung aus 10 % Benzolhexachlorid mit 10 % γ -Isomere in Pyrophyllit mit 4 lb Melasse, 24 lb Kleie und 2 $\frac{1}{2}$ gals Wasser) eingearbeitet wurde. Nach SLADE (l. c.) wirkt auf *Locusta migratoria migratorioides* F. u. F. schon 1 Teil 666 auf 2000 Teile Kleie tödlich. Auch in den USA sollen durchschlagende Erfolge erzielt sein. Dennoch scheinen mir die Unterlagen noch nicht reichlich genug, um abschließende Urteile zu erlauben.

Noch dürftiger sind vor der Hand die mitgeteilten Erfahrungen über praktische Bedeutung der Vernebelung und Verschwelung von 666. Bei letzterem Verfahren kommt es infolge Überhitzung der Schwel-

körper leicht zu so hoher Temperatur, daß der „Wirkstoff zersetzt wird. Vielleicht beruht darauf das Versagen der smoke-Technik zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Indien, über das mir ein im übrigen vertraulicher Bericht zugeht. Gesackte Vorräte scheinen nach dem Räucherverfahren mit 666 nicht entseucht werden zu können, weil die Dämpfe nicht oder nicht tief genug in die Säcke eindringen. Auch auf diesem Gebiet tut man aber wohl gut, mit dem Urteil noch zurückzuhalten.

Das soweit recht erfreuliche Bild der Benzolhexachlorid-haltigen Präparate wird leider durch eine bislang unerwähnte, ihnen allen aber bekannte, sehr unangenehme Eigenschaft getrübt. Ich meine den Geruch und den Geschmack der Mittel. Allen bislang bekannt gewordenen Hexa-Mitteln haftet ein ekkliger Moder- oder Kellergeruch und ein bitterer Geschmack an. Der Geruch wirkt bei der Arbeit lästig und soll unter Umständen Kopfweg (HAMILTON, 1947, S. 234) bewirken. Er ließe sich vielleicht noch in Kauf nehmen, wenn er nicht auf die behandelten Pflanzen übergehen und an ihnen lange haften bleiben würde. Das gleiche gilt für den Boden, wenn in diesen größere Mengen wie bei der Bekämpfung von Drahtwürmern, Engerlingen usw. eingearbeitet werden. Die Erde gibt den Geruch dann noch nach längerer Zeit an die in ihr gebauten Pflanzen weiter. Kartoffeln wiesen bei Anbau auf einer Fläche, die 2 Jahre zuvor mit 10 l/m^2 einer 1prozent. Brühe behandelt war, noch deutlichen 666-Geschmack auf (HÄNNI, 1946, Nr. 12). Man hat eine Zeitlang gemeint, daß die Pflanzen nur bei unsachgemäßer Behandlung in der Qualität leiden würden und daß der ungünstige Geruch sich verliert, wenn die Ernteprodukte, z. B. Kartoffeln, eine Zeitlang luftig gelagert oder gewässert wurden. Beides ist nur bedingt richtig. Schwacher Modergeruch scheint mit der Zeit abzuklingen, ernstlich mit ihm beladene Ernteprodukte bleiben für den Menschen ungenießbar. Die aus diesen Erfahrungen sich ergebenden Folgerungen haben zu ernsten Rückschlägen in der Beurteilung des praktischen Werts der Präparate geführt. Die Hersteller sind daher auf das eifrigste bemüht, den Übelstand zu beheben. Die Aussichten dafür sind nicht ungünstig, weil es sich bestätigt, daß die reinen Isomeren, wie SLADE (l. c.) und andere angeben, fast geruchlos sind. Das gilt im besonderen für die γ -Isomere¹⁾. Der Geruch, heißt es, rühre von chlorhaltigen Beimengungen her, und es sei nur die Frage, ob diese sich im Rahmen des wirtschaftlich Tragbaren beseitigen lassen. Kürzlich wurde mir von 2 Seiten berichtet, daß auch die Lösung dieser mehr technischen 2. Seite der Aufgabe jetzt bevorstehe. Wenn das richtig ist — es wird vielfach noch bezweifelt — würde es einen weiteren großen Schritt vorwärts in der ja zur Zeit mit 7-Meilenschritten vorwärtsschreitenden angewandten Entomologie bedeuten. Im Augen-

¹⁾ Anm. am 10. April 1948: Seit heute liegt auch mir ein als reine γ -Isomere deklariertes Produkt vor, daß praktisch geruch- und geschmacklos ist. Der Verf.

blick hat die Praxis von der guten Aussicht aber noch keinen Vorteil. Die zur Zeit im Handel befindlichen Präparate riechen noch unangenehm, die einen mehr, die anderen weniger, und teilen auch wohl den Pflanzen diese Eigenschaft mit. Welche Folgerungen hat der Pflanzenschutzdienst aus dieser Lage gezogen? Die Einstellung unserer deutschen Zentralstelle ist ihnen bekannt und steht hier nicht zur Erörterung. Die Schweiz hat laut einer mir durch den Herrn Kollegen KORTZ zugänglich gemachten Mitteilung der Eidgenössischen Versuchsanstalt in Wädenswil vom 23. März dieses Jahres den Anwendungsbereich der Hexa-Präparate amtlich stark eingeschränkt. Sie dürfen soweit empfohlen werden, als eine geschmackliche Entwertung von Gemüse, Früchten und Beeren nicht in Frage kommen kann. Die Firmen sind verpflichtet, auf Packungen und in Prospekten auf die Gefahren hinzuweisen. Zur Kartoffelkäferbekämpfung sind die Mittel dort überhaupt nicht zugelassen. In einer aus der bekanntesten Schweizer Produktionsstätte für Hexa-Präparate, d. h. aus der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag, Dielsdorf/Zürich, stammenden Veröffentlichung heißt es 1947 (GÜNTHART, 1947, 45 S.) in bezug auf die Engerlingsbekämpfung mit Hexa-Mitteln, daß diese vorläufig nur in Baum-, Forst- und Reb-schulen, bei jungen Obstbäumen, Beerenobst, Sträuchern, Hecken, Stauden und sonstigen Zierpflanzen durchzuführen sei und zwar im Frühjahr vor Beginn des Larvenfraßes. Dabei soll die Hexa-941-Suspension gegen Engerlinge in Stärke von 0,75—1 ‰ zu 7—10 l/m² bzw. 4—6 l/lfd. m ausgebracht werden, unter Umständen in Mischung mit Jauche. Das Streumittel Hexaterr-142 ist zu 50 kg/ha, am besten in Mischung mit Kalkstickstoff oder Thomasschlacke einzuarbeiten, in Baumschulen zu 100 kg/ha beim Graben oder Fräsen. In dieser Form soll das Verfahren zur Zeit die schlechthin billigste und wirksamste Bekämpfung der Engerlinge überhaupt abgeben. Die Firma basiert bei diesen Rezepten auf eigenen Erfahrungen mit Hexa-Produkten an 126 000 Baumschulpflanzen, 160 000 Rebstecklingen, 2700 jungen Obstbäumen und 15 500 Beerensträuchern und Erdbeerpflanzen, zu denen viele Versuche bei Zierpflanzen und in landwirtschaftlichen Betrieben kommen. Die Basis ist also erfreulich breit. In bezug auf Nachfrüchte auf Böden, die im Vorjahr gegen Engerlinge behandelt oder auf denen oberirdisch lebende Insekten mit Hexa-941 angegriffen sind, macht der gleiche Hersteller erhebliche Vorbehalte und Einschränkungen. Kartoffeln, Rübli, Bodenruben, Rettich, Zwiebeln, Lauch und ähnliche mehr oder minder unterirdisch ihre zum Verzehr bestimmten Organe entwickelnden Pflanzen sollen in der Folge dort 2 Jahre überhaupt nicht zum Anbau kommen. Auch bei Buschbohnen, Gurken, Kohlrabi und ähnlichen bodennahen Früchten sei Vorsicht am Platze. Kohl kann gegen Drehherzmücke (*Contarinia torquens* de Meij.) und Stengelrüssler (*Ceutorrhynchus napi* Gyll.) im Saatbeet ohne Gefahr bespritzt und bestäubt werden, im Felde dagegen nur bis zum Beginn der Kopfbildung (HÄNNI, 1946, Nr. 12). Keine Bedenken werden in bezug auf die Be-

handlung von wachsendem Getreide und von Ölfrüchten erhoben, bei letzteren wenigstens nicht, soweit es sich um Bekämpfung von Kohlerdfloh (Phyllotreta), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), *Meligethes aeneus* L., *Ceutorrhynchus napi* Gyll. und *C. quadridens* Panz. handelt.

Ziemlich unklar ist die Lage noch im Obstbau. Daß kurz vor der Reife stehende Früchte Gefahr laufen, schlechten Geschmack anzunehmen, wenn sie mit 666-Präparaten in Berührung kommen, ist begreiflich, es fehlt aber auch nicht an Äußerungen, die schon ein viel früheres Spritzen und Stäuben für bedenklich halten. Ich beschränke mich auf die Wiedergabe einer Mitteilung, wonach Birnen, die am 19. Juli und am 16. August mit Hexa behandelt wurden, noch am 26. September, d. h. bei der Ernte, einen widerlichen Modergeruch gehabt haben sollen (HAMILTON, 1947, 234).

Aus dem Weinbau sind die aus dem Ausland vorliegenden Meldungen im Vergleich zu einschlägigen deutschen Berichten sehr dürftig. Was mir bislang bekannt wurde, lautet ablehnend. Besonders gewarnt wird — und das kann nicht Wunder nehmen — vor der Behandlung von Tafeltrauben, die leicht einen ekelhaften Modergeruch annehmen. Aber auch der Wein kann im Geschmack leiden. So ist in einem Bericht des Service de la protection des végétaux in Toulouse (Ministère de l'Agriculture) vom Sommer 1947 zu lesen: „... Le raisin vendangé le 15. octobre, soit près d'un mois après le dernier traitement, avait un fort goût de moisi et le vin obtenu a présenté le même goût quoique un peu moins accusé que le raisin.“

Über Einsatz von 666-Präparaten im Forst stehen aus dem Ausland keine authentischen Berichte zur Verfügung. Und das ist verwunderlich, weil man denken sollte, daß man dort sehr bald, ja mit zuerst die neuen Körper auf ihre insektiziden Potenzen überprüfen würde.

Gewisse Bedeutung scheinen die Hexa-Produkte dagegen bereits in der Baumwollkultur gewonnen zu haben. Viele Kardinalfeinde dieser Pflanze lassen sich leicht mit Benzohexachlorid ausschalten. Das gilt z. B. für den Baumwollkapselkäfer *Anthonomus grandis* Boh., die Blattlaus *Aphis gossypii* Glover, den flea hopper (Mirid.) *Psallus seriatus* Reut. und die Eule *Alabama argillacea* Hbw. Der amerikanische Baumwollkapselwurm *Heliothis obsoleta* F. (= *armigera* Hbn.) ist dagegen mit 666 schwerer zu fassen als mit DDT.

Ob die Anfälligkeit wichtiger Vorratsschädlinge — der Kornkäfer *Calandra granaria* L. reagiert noch, wenn der Weizen mit 1 Teil Gammexan auf 1 Mill. Gewichtsteile Getreide versetzt wird (SLADE, 1945, S. 279—281) — praktisch ausgenutzt werden kann, steht dahin. Es heißt allerdings, daß Brot, das aus behandeltem Mehl hergestellt ist, weder muffigen Geruch noch schlechten Geschmack aufweist. Ich kann dazu nur bemerken, daß in eigenen Räucherversuchen mit eingesetztes Roggenbrot später und längere Zeit deutlich nach Benzohexachlorid schmeckte.

Über die Auswirkung von Gammexan auf Nutztiere sind die Unterlagen noch recht unvollkommen, so daß eine Vergleichsmöglichkeit mit DDT noch nicht gegeben ist, doch scheinen die Verhältnisse bei beiden Verbindungen nicht ganz unähnlich zu liegen. Für Regenwürmer ist 666 ebenso wie übrigens DDT nicht gerade harmlos (GÜNTHART, 1947, 45 S.), für Bienen, der einzigen mir bekannten ausländischen Meldung nach (BISHOPP, 1946, S. 449—459) — und nur diese habe ich themagemaß zu berücksichtigen —, ist es schon in sehr geringen Mengen ausgesprochen giftig. Auf Goldfische wirkt die γ -Isomere schon in einer Konzentration von 1 : 1 000 000 deutlich toxisch. In bezug auf die Gefährdung der Warmblüter gehen die Urteile auseinander. Für Ratten (SLADE, 1945, S. 279—281) scheint die letale Dosis der γ -Isomere bei Verabreichung per os um 0,19 g/kg Körpergewicht zu liegen. Täglich 30 mg vertrugen sie 2 Monate lang reaktionslos. Bepinseln des Schwanzes und der Ohren mit 5prozent. Isomerengemisch zeitigte keine Wirkungen. Subkutane Injektion von 100 mg/kg Körpergewicht tötete 25 %/a. Der Rest erholte sich. Haustiere, die 4 Wochen mit Grünfutter genährt waren, das einmal (Kaninchen) bzw. täglich (Schafe und Kühe) mit der normalen bis zehnfachen (Kaninchen) Konzentration der Hexachlorcyclohexan-Suspensionen bespritzt war, verhielten sich in bezug auf Freßlust, Stoffwechsel und Gewicht wie die Kontrolltiere (HÄNNI, 1946, Nr. 12, GÜNTHART, 1947, 45 S.).

SLADE (l. c.) folgerte aus seinen Versuchen mit Ratten, daß das Arbeiten mit 666 Menschen und höheren Tieren kaum gefährlich werden kann. Die Äußerung stammt aus dem Jahre 1945. Ein Jahr später scheint man in England skeptischer geworden zu sein. Im Brit. Med. Journ. vom 1. Juni 1946 wird die Auffassung vertreten, daß 666 für Warmblüter rascher giftig ist als DDT und daß die Vergiftung überdies ohne die für DDT typischen, sich frühzeitig einstellenden Warnsymptome eintritt. Das letzte Wort ist in dieser Frage aber wohl noch nicht gesprochen.

Eingangs wurde gesagt, daß sich die epochalen Fortschritte, welche in der Schädlingsbekämpfung im letzten Jahrzehnt erzielt wurden, im wesentlichen auf 2 Verbindungen beschränken. Über beide, also über Dichlordiphenyltrichloräthan und Benzolhexachlorid, ist jetzt das wesentlichste gesagt. Was im übrigen über Erfahrungen des Auslandes mit neuartigen Insektiziden mitzuteilen ist, läßt sich mit ein paar Worten abmachen. Das gilt auch für die wenigen Abkömmlinge von 666, über deren insektizide Eigenschaften bislang Berichte vorliegen. Es handelt sich dabei um einige Schwefel- und Thiocyaniderivate. RAUCOURT (1945, S. 235—236) vermutet, daß die bis dahin hergestellten Verbindungen dem Benzolhexachlorid insektizid zum mindesten gleichwertig seien. Die Sulfide sollen sich besonders wirksam gegen *Leptinotarsa decemlineata* Say erwiesen haben. Seither ist über diese Körper aber kaum wieder etwas verlautet. Nur über ein Mittel Braconyl, ein Handelspräparat aus Sulfiden von Polychlorcyclan und Glyceriden aliphatischer Säuren, ist in Frankreich eine Arbeit erschienen, die nicht unerwähnt bleiben darf.

BOUCHET (1944, S. 349—353) erzielte nämlich durch 1—2maliges Spritzen zur Zeit des Grünspitzenstadiums und 7—8 Tage später ein Absinken des Befalls durch den Apfelblütenstecher *Anthonomus pomorum* L. um 77—100 %. Der Erfolg wird noch dadurch unterstrichen, daß die behandelten Bäume 4—5 Tage früher erblühten als die Kontrollen, wodurch die Periode der Anfälligkeit eine Abkürzung erfuhr. Der Verfasser rechnet mit ovizider Wirkung des Präparats. Die Befunde sind also beachtlich.

Daß in den USA auch mit unserem als Hexaäthylester der Tetraphosphorsäure angesprochenen Bladan Versuche durchgeführt sind und daß es als ausgezeichnetes Ersatzmittel für Nikotin zur Blattlausbekämpfung bezeichnet wird, sei nur am Rande vermerkt (BISHOPP, 1946, S. 449—459).

Neuerdings tauchen dort auch unserem E 605 (angeblich o-p-Nitrophenylthiophosphat) ähnliche oder mit ihm identische Mittel (Thiophos 3422, Parathion und Phosphenon) auf (PORTER, 1948, S. 19 d; briefl. Mitt. von Dr. KOTTE am 29. März 1948), die dem deutschen Präparat vielleicht Konkurrenz machen werden.

Unter den neueren chlorhaltigen organischen Insektiziden, die zur Zeit in den USA von sich reden machen, nenne ich ferner die Präparate Chlordane und Chlorinated camphene (PORTER, 1948, S. 19). Das erstere wird gegen Rüsselkäfer und Heuschrecken angewandt, soll aber auch für die Larven von *Popillia japonica* und andere Bodenschädlinge giftig sein. Ob es für Pflanzen hinreichend harmlos ist, scheint noch der Klärung zu bedürfen. Das zweite Präparat wird zur Anwendung im Obstbau empfohlen. Es soll gut auf *Psylla piri* und Rote Spinne wirken.

Zuletzt bleibt ein wie die beiden letzten als Isomerengemisch von $C_{10}H_6Cl_8$ aufgefaßtes, zunächst von KEARNS, INGLE und METCALF beschriebenes Mittel zu nennen (1945, S. 661—668), das heute von der Velsicol Corporation of Chicago hergestellt, als Velsicol 1068 gehandelt und auch in England vertrieben wird. Seine Eigenschaften sind durchaus beachtlich. Velsicol 1068 ist eine zähflüssige, farblose und geruchlose Substanz, die in jedem Verhältnis in den bekannten organischen Lösungsmitteln, nicht aber in Wasser löslich, wohl aber in diesem leicht emulgierbar ist. Das Präparat ist chemisch hinreichend stabil, aber flüchtiger als DDT. Durch Alkalien wird es leicht unter Freiwerden von Salzsäure zersetzt. Für den Menschen soll es nicht gefährlich sein. Durch die menschliche Haut wird es nicht aufgenommen, auch nicht durch die Schleimhäute. Für Insekten ist es aber hochgradig giftig. Für 2 g schwere Grashüpfer soll die letale Dosis je Gramm Körpergewicht bei Verabreichung per os 12,5—25 mmg betragen. Die Giftigkeit des Mittels läge damit wenigstens für dieses Objekt noch über der von Gammexan. Das gleiche gilt in noch stärkerem Maße in bezug auf DDT. Zur Abtötung von 50 % bzw. 95 % innerhalb 120 Stunden von *Periplaneta americana* L. durch Bestreichen der thorakalen Tergite waren bei Velsicol

1068 14 bzw. 25 und bei DDT 38 bzw. 70 mmg erforderlich. Die Larven von *Leptinotarsa decemlineata* Say gingen bei Dosierung von 1:500, 1:1000, 1:2000 und 1:4000 bei 1068 zu 100, 90, 80 und 60 %/a, bei DDT zu 80, 60, 20 und 30 %/a ein. Auch für Blattläuse ist das Präparat hochgiftig (KEARNS, INGLE und METCALF, 1945, S. 661—668). Der Hersteller nennt weiter außer Stubenfliegen, Stechmücken, Bettwanzen und Silberfischchen noch Ameisen, Getreideinsekten und Baumwollfeinde als leicht mit Velsicol 1068 bekämpfbar (Rev. appl. Entom. Ser. A, 34, 1946, Heft 10, 2. Umschlagseite). Das Präparat verdient also Interesse. Stutzig macht zwar, daß noch keine weiteren wissenschaftlichen Arbeiten über den Gegenstand bekannt geworden sind. Hält das Mittel aber das, was sich der Hersteller verspricht, wären nunmehr auch die USA in die Reihe der Länder eingetreten, denen Großserfolge in der eigenen Synthese und nicht nur in der Übernahme ausländischer Hochleistungsmittel der Schädlingsbekämpfung beschieden sind. Damit würde das heute eingangs Gesagte korrekturbedürftig. Mit dieser Rückkehr zum Anfang schließt der Kreis.

Schrifttum

- ANON.: Investigations with DDT in California, 1944. A preliminary Report prepared under the Direction of the Division of Entomology and Parasitology. — 33 pg., multigraph, Calif. agric. Exp. Sta., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 35, 110, 1947.
- ALLMAN, S. L., Benzene Hexachloride in Grasshopper Baits — Agric. Gaz. New South Wales 57, 171—172, 182, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 35, 216—217, 1947.
- ANNAND, P. N., and others, Tests conducted by the Bureau of Entomology and Plant Quarantine to appraise the Usefulness of DDT as an Insecticide. — Journ. econ. Entom. 37, 125—159, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 32, 376, 1944.
- BARNES, M. M., Experiences with a Spray Attachment to a standard type Orchard Duster. — Proc. New York St. hort. Soc. 91, 152—155, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 36, 57, 1948.
- BISHOPP, F. C., The Insecticide Situation. — Journ. econ. Entom. 39, 449—459, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 36, 12—14, 1948.
- BOUCHET, R., Nouveau procédé de lutte chimique contre l'anthonomie du pommier (*Anthonomus pomorum* L.). — C. R. Acad. Agric. France 30, 349—353, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 35, 313, 1947.
- BOYCE, A. M., Gesarol a promising agricultural Insecticide. — Calif. Citrogr. 29, 76—77, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 32, 264—265, 1944.
- , and PRENDERGAST, D. T., Dinitro-ortho-cyclohexylphenol offers promise in control of citrus red mite. — Journ. econ. Entom. 29, 218—219, 1936.
- BW., DDT nicht ungefährlich. — Orion 3. Jg., S. 26, 1948.
- CAMPAU, E. J., and WILSON, H. F., Dispersants for Rotenone. A Study of the Effect of Dispersants on the Toxicity of Rotenone Dusts. — Soap 20, Nr. 10, 117, 119, 121, New York, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 33, 282 bis 283, 1945.
- COTTON, R. T., BALZER, A. I., and YOUNG, H. D., The possible Utility of DDT for insect-proofing Paper Bags. In: ANNAND, P. N., and others, Journ. econ. Entom. 37, 125—159, 1944 (s. o.), p. 140. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, 32, 377, 1944.

- CRISTOL, S. J., HAYES, R. A., and HALLER, H. L., Determination of 1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane in technical DDT. — *Industr. Engng. Chem.* **17**, 470—472, Easton, Pa., 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 359—360, 1946.
- DECKER, G. C., Agricultural Applications of DDT, with special Reference to the Importance of Residues. — *Journ. econ. Entom.* **39**, 557—562, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **36**, 81—82, 1948.
- DITMAN, L. P., DDT Preparations for Control of the Pea Aphid. — *Journ. econ. Entom.* **39**, 219—222, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 258 bis 259, 1947.
- DUSTAN, G. G., ARMSTRONG, T., and PUTMAN, W. L., Preliminary Experiments with Benzene Hexachloride (666) as an Insecticide. — *Sci. Agric.* **26**, 106 bis 121, Ottawa, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 182—185, 1947.
- EBELING, W., DDT Penetration prevented by adding Aluminum Stearate to DDT Kerosene Solutions. — *Journ. econ. Entom.* **38**, 689—691, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 123—124, 1947.
- FLECK, E. E., and HALLER, H. L., Compatibility of DDT with Insecticides, Fungicides, and Fertilizers. — *Industr. Engng. Chem.* **37**, 403—405, Easton, Pa., 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 157, 1946.
- GLASGOW, H., DDT as a Control for the Pea Aphid. — *Journ. econ. Entom.* **39**, 195—199, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 254—255, 1947.
- GÜNTHER, E., Die Bekämpfung der Engerlinge mit Hexachlor-cyclohexan-Präparaten. — *Mitt. Schweiz. Entom. Ges.* **20**, Heft 5, 45 S., 1947. — Ref.: *Zeitschr. Pflanzentr.* **55**, 62—63, 1948.
- HACKMAN, R. H., The Preparation of some Emulsions containing DDT. — *Journ. Coun. sci. industr. Res. Aust.* **19**, 77—85, Melbourne, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 220—221, 1947.
- HANNI, H., Wird der Geschmack der Feldfrüchte durch die Anwendung der Hexachlorcyclohexan-Produkte beeinträchtigt? — *Schweiz. landwirtschaftl. Monatsschrift* Nr. 12, 15. Dezember 1946.
- HALLER, H. L., and others, The chemical Composition of technical DDT. — *Journ. Amer. chem. Soc.* **67**, 1591—1602, Easton, Pa., 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 359—360, 1946.
- HAMILTON, —, New Insecticides for Control of Pear Psylla. — *Journ. econ. Entom.* **40**, 234, 1947.
- HARMAN, S. W., Codling Moth Control with Dusts and Sprays. — *Proc. New York St. hort. Soc.* **90**, 46—53, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 195, 1946.
- HILL, and HIXSON, —, Hexachlorcyclohexane Dusts and Fogs to Control Grasshoppers. — *Journ. econ. Entom.* **40**, 137, 1947.
- HINMAN, E. J., Laboratory Cage Tests of DDT in Grasshopper Baits. In: ANNAND, P. N., and others, *Journ. econ. Entom.* **37**, 125—159, 1944 (s.o.), p. 148. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **32**, 381, 1944.
- HOLST, E. C., DDT as a Stomach and Contact Poison for Honeybees. In: ANNAND, P. N., and others, *Journ. econ. Entom.* **37**, 125—159, 1944 (s.o.), p. 150. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **32**, 387, 1944.
- HOUGH, W. S., Experiments with DDT for Control of Codling Moth and Comstock Mealybug. — *Virginia Fruit* **33**, 183—192, Staunton, Va., 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 105—106, 1946.
- , Codling Moth Control Developments in Virginia. — *Proc. New York St. hort. Soc.* **90**, 100—104, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 195 bis 196, 1946.
- IVY, E. E., and EWING, K. P., Benzene Hexachloride to control Cotton Insects. — *Journ. econ. Entom.* **39**, 38—41, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 175—176, 1947.

- KAUER, K. C., DUYALL, R. B., and ALQUIST, F. N., Epsilon Isomer of 1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorocyclohexane. — *Industr. Engng. Chem.* **39**, 1335, 1947.
- KEARNS, C. W., INGLE, L., and METCALF, R. L., A new chlorinated Hydrocarbon Insecticide. — *Journ. econ. Entom.* **38**, 661—668, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 119—120, 1947.
- LÄUGER, P., MARTIN, H., und MÜLLER, P., Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen. — *Helvetica Chimica Acta* **27**, 892—928, 1944. — Ref.: *Zeitschr. Pflanzenkr.* **55**, 120—121, 1948.
- MARTIN, H., and WAIN, R. L., The qualitative Examination of insecticidal Properties. Progress Report, 1944. — *Rep. agric. hort. Res. Sta. Bristol* 1944, 121—140, (1945). — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 254—256, 1946.
- PASFIELD, G., and BRYDEN, J. D., Codling Moth Control, Experiments at Bathurst using D.D.T., „666“ and Lead Arsenate. — *Agric. Gaz. New South Wales* **57**, 535—538. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 369—370, 1947.
- , and HOLBECH, J., Codling Moth Control. Experiments using D.D.T., „666“, and Lead Arsenate at Orange. — *Agric. Gaz. New South Wales* **57**, 488—491, 498, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 369—370, 1947.
- PORTER, B. A., New Insecticides for Codling Moth Control. — *Trans. Peninsula hort. Soc.* 1944, 24—29, (1945). — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **34**, 107, 1946.
- , Parathion and Chlordane join DDT in Insect Battle. — *American Fruit Grower*, Februar, 1948, p. 19.
- RAUCOURT, M., Découverte récente d'un nouvel insecticide l'hexachlorocyclohexane. — *La Nature* Nr. 3093, 235—236, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **33**, 331—332, 1945.
- SHEPARD, and CAMPBELL, The relative toxicity of Rotenone and some related compounds as stomach insecticides. — *Journ. econ. Entom.* **25**, 142—144, 1932.
- SLADE, R., A new British Insecticide. The Gamma Isomer of Benzene Hexachloride. — *Chem. Trade Journ.* **116**, Nr. 3017, 279—281, London, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **33**, 256—258, 1945.
- STEINER, L. F., SUMMERLAND, S. A., and FAHEY, J. E., Experiments with DDT for Codling Moth Control at the Vincennes, Ind. Laboratory. — *Trans. Ill. hort. Soc.* 1944, **78**, 153—169, (1945). — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 81—84, 1947.
- , SUMMERLAND, S. A., and FAHEY, J. E., Experiments in 1945 with DDT for Control of the Codling Moth. — 24 pg. U.S. Dep. Agric., Bur. Entom. (1946). — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 318—320, 1947.
- TAYLOR, G. G., Preliminary Field Trials with D.D.T. and 666 against Insect Pests. — *New Zealand Journ. Sci. Tech.* **27** (A), 129—133, 1945. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 63—64, 1947.
- THOMAS, F. J. D., and JAMSON, H. R., Practical control of wireworms with gammexan. — *Nature* **157**, 555. — Ref.: *Chemical Abstracts* **40**, 3845.
- TRAPPMANN, W., Arsenmittel im Pflanzenschutz — Rückblick und Ausblick. — *Zeitschr. Pflanzenkrankh.* **55**, 35—53, 1948.
- WALLACE, C. R., Benzene Hexachloride („666“) and D.D.T. applied to the Soil against Black Beetle. — *Agr. Gaz. New South Wales* **57**, 200, 1946. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **35**, 218—219, 1947.
- WIESMANN, R., Neue Versuche mit Arsenersatzstoffen im Obstbau. — *Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau*, 155—165, 1942.
- , Weitere Versuche mit Gesarol im Obstbau. — *Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau* **52**, 171—204, 1943.
- WILSON, C. C., Efficiency of DDT as a Dust and in Bait for Grasshopper Control. In: ANNAND, P. N., and others, *Journ. econ. Entom.* **37**, 125—159, 1944 (s. o.), 148—149. — Ref.: *Rev. appl. Entom. Ser. A*, **32**, 382, 1944.

Methoden der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit im fabrikneuen und im Gebrauchszustand¹⁾

Von

Prof. Dr. KARL GÖSSWALD

Mit 20 Abbildungen

Inhaltsübersicht:

A. Einleitung. — B. Prüfung von Textilien. I. Zur Normierung der Textilienprüfung. II. Resistenzunterschiede nicht imprägnierter Stoffproben. III. Widerstandsunterschiede fabrikneuer und gebrauchter Textilien. IV. Untersuchung vollsynthetischer Stoffe. — C. Zusammenfassung. — D. Schrifttum.

A. Einleitung

Die Nahrungsaussichten der tierischen Textilienschädlinge haben sich durch die Einstellung der Industrie auf neue Rohstoffe grundlegend geändert. Während sich die Gefahr einer Beschädigung mancher Fabrikate von seiten der Kleidermotte²⁾ und anderer Woll- und Pelzschädlinge³⁾ durch die neuzeitliche Verwendung von Pflanzenfaserprodukten vermindert hat, ist hinsichtlich der Einwirkung von Termiten gerade das Gegenteil der Fall. Denn die Termiten ernähren sich überwiegend von pflanzlicher Substanz. Nun kommen außerdem noch Gewebe aus vollsynthetischem Material hinzu. Die Aufgaben des Textilienschutzes haben sich hiermit ebenfalls geändert. Abgesehen von der Notwendigkeit, nunmehr auch holzfressende Insekten als Textilienschädlinge in Betracht zu ziehen, ist mit der Verwendung synthetischer Rohstoffe die Möglichkeit gegeben, den Schutz der Fabrikate sowohl gegen Keratinfresser wie gegen Cellulosefresser auf eine Linie zu bringen.

Fast alle Materialien, die von mir nachgeprüft wurden, haben sich als nicht termitenfest erwiesen, obwohl sie von anderer Seite als termitenfest begutachtet worden waren. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß die Prüfergebnisse noch nicht gleichwertig sind. Da die Termitenmittel-

¹⁾ Ausgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, eingereicht 1943.

²⁾ Prüfung vgl. MECKBACH, 1921; HASE, 1932, 1933 a, 1933 b; GÖSSWALD, 1937.

³⁾ Vgl. HERFS, 1932 a, b, 1936.

prüfungen erst seit wenigen Jahren durchgeführt werden, bedeuten diese Unterschiede von Prüfergebnissen, die in gewissen Grenzen immer wieder in Erscheinung treten werden, da die Versuchstiere keine Automaten sind, keinen Vorwurf. In Zukunft dürfte jedoch eine wesentlich bessere Übereinstimmung zu erreichen sein. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Termitenmittelpfung, vor allem was die Termitenfestigkeit betrifft⁴⁾, sind so weit gediehen, daß man sich nunmehr auf eine Norm einigen sollte. Über die Methoden der Prüfungen, denen eingehende physiologische und biologische Untersuchungen zugrunde liegen, habe ich bereits in früheren Arbeiten berichtet⁵⁾. Auch die Zucht der Termiten muß als Grundlage für den Gewinn gleichwertiger Versuchstiere zu den Mittelpfungen einheitlich durchgeführt werden⁶⁾. Nicht nur die Prüfmethode und das Versuchstier müssen einwandfrei sein. Der Prüfling selbst muß sich ebenfalls in einem Zustande befinden, der eine folgerichtige Beurteilung zuläßt.

In der vorliegenden Arbeit soll nun als Ergänzung der früheren allgemeinen Erörterungen über die Prüfung der verschiedenartigsten Materialien (vgl. GÖSSWALD, 1943 a) speziell zur Untersuchung von Textilien Stellung genommen werden.

B. Zur Prüfung von Textilien

Textilien können, ähnlich wie z. B. Kunst- und Preßstoffe, der Prüfung in sehr verschiedener Zusammensetzung und Form vorliegen. Zu dieser Vielseitigkeit kommt hinzu, daß im Herstellungsprozeß manchmal Zutaten, z. B. Stärkeappretur, eine im Rohzustand vorhandene Termitenfestigkeit unwirksam machen können. Aber auch nach dem Abschluß der Fabrikation sind die Textilien noch oft Veränderungen unterworfen, die von großem Einfluß auf die Termitenfestigkeit sein können. Getragene Stoffe werden im Gebrauch beschmutzt, so unter Umständen mit Nährstoffen angereichert, die den Termiten zugute kommen. Schließlich kann es vorkommen, daß das Imprägniermittel, welches dem Gewebe die Termitenfestigkeit verleiht, ausgewaschen wird.

I. Zur Normierung der Textilienprüfung

Zunächst ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob die Termitenfestigkeit eines Gewebes mittels Imprägnierung oder bereits durch die Eigenart des Rohstoffes und die Art der Verarbeitung erzielt werden soll. Im ersten Falle wählt man zweckmäßig zur Prüfung einen Trägerstoff für das Imprägniermittel, der verhältnismäßig leicht von den Termiten angegriffen werden kann. Dieser für jede Kategorie von imprägnierfähigen Textilien auszuwählende Standard-

⁴⁾ Vgl. auch KOFOID, 1936; WILLIAMS und KOFOID, 1936, LIESE, 1941; BECKER, 1942 a, b; BECKER, SCHULZE und SCHULZ, 1942; SEIFERT, 1942, 1943.

⁵⁾ Vgl. GÖSSWALD, 1941 a, 1942 a, b, c, 1943 a.

⁶⁾ Zuchtmethode vgl. GÖSSWALD, 1941 b, 1942 a, 1943 b.

prüfstoff wird dadurch gefunden, daß man die Versuchstiere auf eine größere Auswahl der verschiedensten noch unbehandelten Textilien während einer bestimmten Zeitdauer einwirken läßt (vgl. unter II). Die an sich widerstandsfähigeren Gewebe können bereits in Verbindung mit einer schwächeren Imprägnierung die gleiche Festigkeit aufweisen wie weniger widerstandsfähige Stoffarten in Verbindung mit einem wirkungsvolleren Imprägniermittel. So kann es vorkommen, daß ein Imprägniermittel wegen der relativen Widerstandsfähigkeit des gerade in der Prüfung verwendeten Trägerstoffes als wirkungsvoll erklärt wird, während das gleiche Mittel in derselben Konzentration in Verbindung mit einem anderen Trägerstoff als wirkungslos abgelehnt werden muß. — Für den zweiten Fall der Prüfung von Geweben, die durch die Eigenart ihres Ausgangsmaterials ohne Imprägnierung termitenfest sein sollen, wählt man sinngemäß als Standardprüfstoff eine Qualität, die unter den für das Versuchstier optimalen Bedingungen nach langer Einwirkungsdauer gerade noch schwach beschädigt werden kann. Durch diese Art der Kontrolle soll also die Angriffsbereitschaft der Versuchstiere überwacht werden. Nur wenn im Vergleichsversuch das gerade noch angreifbare Standardprüfmaterial tatsächlich beschädigt wird und alle anderen Bedingungen erfüllt sind, ist es möglich, bei Nichtbeschädigung des Prüfobjektes mit Sicherheit auf dessen Widerstandsfähigkeit zu schließen.

II. Resistenzunterschiede nicht imprägnierter Stoffproben

Durch diese Untersuchungen wird zunächst an unbehandelten Geweben festgestellt, wie sich die Termiten gegen die verschiedenartigsten Ausgangsprodukte verhalten und wie weiter hier Besonderheiten der Fabrikation ein unterschiedliches Aufarbeitungsvermögen der Versuchstiere bedingen. Ferner sollen Standardgewebe für die Prüfung von Imprägniermitteln sowie für die Untersuchung der stofflichen Termitenfestigkeit ausgewählt werden. Primäre Unterschiede sind z. B. bei tierischer Wolle, Baumwolle oder Holz und anderen Pflanzenfasern sowie bei synthetischem Material als Rohprodukte zu erwarten. Sekundäre Resistenzunterschiede können z. B. durch Appretur, Bleiche usw. auftreten.

Die in den Abb. 1, 2 und 3 zusammengestellten Stoffproben Nr. 1 bis 27 sind freundlicherweise von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen, Coloristische Abteilung, zur Verfügung gestellt worden, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die Stoffproben wurden gleichzeitig am 15. März 1943 mit je 20 Altlarven der mediterranen Termiten *Calotermes flavicollis* bestückt. Als Versuchsraum dienten wie (1942) angegeben Zwölferschalen mit 98 bis 99 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 27 °C. Die Untersuchung dauerte nur 15 Tage; denn es sollten nur graduelle Widerstandsunterschiede, nicht aber die absolute Termitenfestigkeit festgestellt werden. Bei der sonst üblichen Versuchsdauer von mindestens

6 Monaten und bei stärkerer Bestückung wären voraussichtlich alle Proben befallen worden.

Tote oder schwache Tiere wurden sofort bei der täglichen Kontrolle durch gesunde Termiten ergänzt, und zwar im 2. Versuch 1 Termiten, im 4. Versuch 1, im 5. Versuch 3, im 10. Versuch 1, im 16. Versuch 2, im 18. Versuch 3, im 19. Versuch 1, im 21. Versuch 1, im 22. Versuch 1, im 23. Versuch 4, im 24. Versuch 1, im 28. Versuch 1, alle übrigen Versuche blieben ohne Verlust.

Vor Beschreibung der Fraßschäden nach Abschluß der Prüfung, soll auf einige Besonderheiten und auf den Fortgang von Fraßeinwirkungen in den ersten Tagen Bezug genommen werden. Denn bei kurzer Prüfungsdauer lassen sich noch feine Unterschiede erkennen, die sich später ausgleichen. Unter dem Einfluß des künstlichen Tropenklimas haben sich die Proben Woll-Diagonal (Nr. 4) schwach und Woll-Kaschmir (Nr. 5) stark gerollt. Bei der Probe Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) haben sich zwei gegenüberliegende Breitseiten, bei Halbseide-Satin zwei gegenüberliegende Ecken gerollt. Bezüglich stofflicher Zusammensetzung sind folgende Qualitätsgruppen zu unterscheiden: 1—3 Naturseide, 4—6 Schafwolle, 7—13 rein Viscose, 14—18 Acetat-Kunstseide, 19 PeCe-Stoffe, 20—22 Kupferkunstseide, 23 Naturseide-Baumwoll-Mischgewebe, 24 Vistra (Zellwolle) und 25—27 Baumwolle. Einige dieser Gruppen haben sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Termitenfraß deutlich hervorgehoben.

Befund nach 1 Tag:

Starker Fraß:	Schwacher Fraß:	Kein Fraß:	
10. Viscose-Taffet	11. Viscose-Trikot matt	1. Satin-Seide	14. Acetat-Kunstseide
12. Viscose-Satin glänzend	13. Visc.-Mattkrepp	2. Tussah-Seide	Trikot-matt
21. Kupferkunstseide glänzend	17. Acetat-Serge	3. Rohseide	15. Acetat-Kunstseide
		4. Woll-Diagonal	Trikot glänzend
		5. Woll-Kaschmir	16. Acetat-Kunstseide
		6. Woll-Flanell	Satin matt
		7. Viscose-Trikot	18. Acetat-Kunstseide
		8. Viscose-Stoff	Satin glänzend
		9. Viscose-Krepp	19. PeCe-Stoff
			20. Kupferkunstseide
			matt
			22. Cuprama (Kunstseide)
			23. Halbseide-Satin
			24. Vistra-Mouseline
			25. Baumwolle
			26. Baumwolle
			gebleicht
			27. Baumwolle merc.

An folgenden Proben wurden bereits am 16. März 1943, also nach einem Tag Fraßschäden festgestellt: Viskose-Taffet (Nr. 10) stärkerer Fraß, bereits Lochfraß, Viscose-Trikot matt (Nr. 11) Schabefraß, Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) ausgedehnter Schabefraß, Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) fein zerstreute kleinste Fraßstellen auf ein Drittel der Probe verteilt, Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) an zwei Stellen ganz

kleiner Lochfraß (Löcher 1,5 mm Durchmesser), Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) an vielen Stellen zerstreute punktförmige Schadstellen. Die übrigen Stoffproben waren am 16. März 1943 noch nicht sichtbar befallen. Somit blieben folgende Gruppen am ersten Tage noch verschont: Seide, Wolle, PeCe-Stoff, Vistra-Mouseline und Baumwolle.

Befund nach 2 Tagen:

Stark:

2. Tussah-Seide
7. Viscose-Trikot
8. Viscose-Stoff
10. Viscose-Taffet
11. Viscose-Trikot matt
12. Viscose-Satin glänzend
13. Viscose-Mattkrepp
20. Kupferkunstseide matt
21. Kupferkunstseide glänz.

Schwach:

3. Rohseide
9. Viscose-Krepp
14. Acetat-Kunstseide-Trikot matt
16. Acetat-Kunstseide Satin matt
17. Acetat-Kunstseide Serge
18. Acetat-Kunstseide Satin glänzend
24. Vistra-Mouseline

Undeutlich:

15. Acetat-Trikot glänzend

Nicht befallen:

- | | |
|------------------|-----------------------------------|
| 1. Satin-Seide | 19. PeCe-Stoff |
| 4. Woll-Diagonal | 22. Cuprama (Kupferkunstseide) |
| 5. Woll-Kaschmir | 23. Halbseide-Satin |
| 6. Woll-Flanell | 25. Baumwolle |
| | 26. Baumwolle gebleicht |
| | 27. Baumwolle gebleicht und mere. |

Am 17. März 1943 waren bereits bei weitaus den meisten Prüflingen Fraßspuren festgestellt worden. Satin-Seide (Nr. 1) hat zunächst noch keinen Fraß erlitten. Tussah-Seide (Nr. 2) zeigte ausgedehnten Schabefraß, auch Roh-Seide (Nr. 3) wies an mehreren Stellen leichte Fraßspuren auf. — Bei Viscose-Trikot (Nr. 7) wurde stärkerer Lochfraß und Schabefraß festgestellt, bei Viscose-Stoff (Nr. 8) ausgedehnter Schabefraß, bei Viscose-Krepp (Nr. 9) Schabefraß auf einem Viertel der Fläche, bei Viscose-Taffet (Nr. 10) hat der bereits am ersten Tag festgestellte Lochfraß weiter an Ausdehnung zugenommen, auch bei Viscose-Trikot matt (Nr. 11) hat sich der Schabe- und Lochfraß erweitert, ebenso hat sich bei Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) der Schabefraß ausgedehnt, bei Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) geht der Schabefraß in Lochfraß über. — Die Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) zeigt nunmehr an einer Stelle Schabefraß und außerdem ein kleines Loch, an Acetat-Kunstseide Trikot (Nr. 15) glänzend sind leichte Fraßstellen bei durchscheinendem Licht wahrnehmbar; Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) weist an zwei Stellen Schabefraß auf. Bei der Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 16) ist neuerdings, zu den beiden am Vortag festgestellten kleinen Lochfraßstellen leichter Schabefraß in größerer Ausdehnung hinzugekommen. Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) weist sehr leichten Schabefraß auf. Der PeCe-Stoff (Nr. 19) ist weiterhin ohne Befund. Die Kupferkunstseide matt (Nr. 20) hat ausgedehnten Schabefraß erlitten; die Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21), an der

bereits am Vortag zahlreiche zerstreute punktförmige Schabstellen beobachtet worden waren, zeigt sehr gleichmäßig ausgedehnten Schabefraß. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) ist abermals ohne Befund. Der nunmehr sehr stark gerollte Halbseide-Satin (Nr. 23) ist ebenfalls wieder verschont geblieben. Dagegen war an Vistra-Mouseline (Nr. 24) eine Kante etwas befressen. Sämtliche Baumwollstoffe (Nr. 25—27) blieben wieder ohne Befund.

Befund nach 4 Tagen:

Stark:

- 2. Tussah-Seide
- 3. Rohseide
- 7. Viscose-Trikot
- 8. Viscose-Stoff
- 9. Viscose-Krepp
- 10. Viscose-Taffet
- 11. Viscose-Trikot matt

- 12. Viscose-Satin glänzend
- 13. Viscose-Mattkrepp
- 16. Acetat-Kunstseide Satin matt
- 17. Acetat-Kunstseide Serge
- 20. Kupferkunstseide matt
- 21. Kupferkunstseide glänzend
- 24. Vistra-Mouseline

Schwach:

- 1. Satin-Seide
- 5. Woll-Kaschmir
- 14. Acetat-Kunstseide-Trikot matt
- 15. Acetat-Kunstseide Trikot glänzend
- 18. Acetat-Satin glänzend
- 26. Baumwolle gebleicht
- 27. Baumwolle gebleicht und mero.

Undeutlich:

—
—
—

Nicht befressen:

- 4. Woll-Diagonal
- 6. Woll-Flanell
- 19. PeCe-Stoff

- 22. Cuprama (Kupferkunstseide)
- 23. Halbseide-Satin
- 25. Baumwolle

Am 19. März 1943 sind weitere Proben angegriffen. So wurde nunmehr auch an Satin-Seide (Nr. 1) sehr feiner, ausgedehnter Schabefraß festgestellt, bei den anderen Seiden, nämlich Tussah-Seide (Nr. 2) und Rohseide (Nr. 3) geht der Schabefraß bereits an einigen Stellen in Lochfraß über. — Zwei Wollstoffe, und zwar Woll-Diagonal (Nr. 4) und Woll-Flanell (Nr. 6) sind wieder unberührt geblieben, nur Woll-Kaschmir (Nr. 5) weist an einer Stelle leichten Schabefraß und Randfraß auf. — Bei allen Viscose-Stoffen hat sich der Fraß weiter verstärkt und geht meist in Lochfraß über, und zwar bei Viscose-Trikot (Nr. 7) an 3 Stellen, bei Viscose-Stoff (Nr. 8) an 6 Stellen, bei Viscose-Krepp (Nr. 9) an 2 Stellen bereits umfangreich, bei Viscose-Taffet (Nr. 10) an 7 Stellen, stückweise sogar schon in Teilfraß, bei Viscose-Trikot matt (Nr. 11) an 5 Stellen, bei Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) an 1 Stelle, sonst ist der sehr feine Schabefraß weit verteilt, bei Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) ist der Lochfraß weit verteilt, die Löcher sind hier besonders auffällig dunkel umrandet. — Die Acetat-Kunstseiden weisen vielfach erst Schabefraß und nur in geringem Umfang Lochfraß auf: Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) zeigt immer noch wie am Vortag erst ein einziges kleines Loch, Acetat-Kunstseide Trikot glänzend (Nr. 15) Pünktchenfraß d. h. an vielen Stellen ganz leicht angebissen, bei der Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) ist der Schabefraß im allgemeinen fein, nur an 3 Stellen stärker, bei Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) ist der Schabefraß ausgedehnt, bei Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) ist der Schabefraß besonders fein und zerstreut. — Der PeCe-Stoff (Nr. 19) wurde wieder nicht befressen. — Dagegen

hat sich bei 2 Proben der Kupferkunstseiden der Fraß verstärkt. Kupferkunstseide matt (Nr. 20) weist sehr gleichmäßig verteilten Schabefraß auf, darüber hinaus an 5 Stellen, die dunkel umrandet sind (vgl. S. 114), Lochfraß. Bei Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) hat sich der Schabefraß erweitert und ist stellenweise in Lochfraß übergegangen. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) blieb abermals ohne Fraßspur. — An Halbseide-Satin (Nr. 23) ist zwar wieder kein Fraßschaden zu erkennen, eine Stelle in 1 cm Länge ist dunkelbraun. — Vistra-Mouseline (Nr. 24) zeigt neben dem bereits am Vortag festgestellten, etwas erweiterten Kantenfraß außerdem sehr fein verteilten Schabefraß und ein kleines Loch. — Von den Baumwollstoffen blieb Nr. 25 ohne Befund, die gebleichte Baumwolle (Nr. 26) hat 2 kleine Löcher, an Baumwolle gebleicht u. merc. (Nr. 27) waren einige sehr winzige Löcher festzustellen, an 2 Rändern trat ausgedehnte Braunfärbung auf.

Bisher sind zusammenfassend folgende Proben von Fraß verschont geblieben: Woll-Diagonal, Woll-Flanell, PeCe-Gewebe, Cuprama (Kupferkunstseide), Halbseide-Satin, Baumwollstoff.

Befund nach 6 Tagen:

Stark:

1. Satin-Seide
2. Tussah-Seide
3. Rohseide
7. Viscose-Trikot
8. Viscose-Stoff
9. Viscose-Krepp
10. Viscose-Taffet
11. Viscose-Trikot matt
12. Viscose-Satin glänzend

13. Viscose-Mattkrepp
14. Acetat-Kunstseide Trikot matt
15. Acetat-Kunstseide Trikot glänzend
16. Acetat-Kunstseide Satin matt
17. Acetat-Kunstseide Serge
20. Kupfer-Kunstseide matt
21. Kupfer-Kunstseide glänz.
24. Vistra-Mouseline
27. Baumwolle gebleicht und merc.

Schwach:

4. Woll-Diagonal
5. Woll-Kaschmir
18. Acetat-Kunstseide Satin glänzend
26. Baumwolle gebleicht

Nicht befallen:

6. Woll-Flanell
19. PeCe-Stoff
22. Cuprama (Kupferkunstseide)
23. Halbseide-Satin
25. Baumwolle

Am 21. März 1943 hatten die Zerstörungen an den von Anfang an befallenen Stoffproben weiterhin erheblich zugenommen, während die bisher ganz oder fast ganz unangetastet gebliebenen Prüflinge auch jetzt noch bemerkenswert widerstandsfähig waren. Bei Satin-Seide (Nr. 1) ist der feine Schabefraß an einer Stelle in Lochfraß übergegangen. Tussah-Seide (Nr. 2) weist bereits an 9 Stellen Lochfraß auf, Rohseide (Nr. 3) an 4 Stellen Lochfraß, daneben zerstreuten Fraß. — Bei Woll-Diagonal (Nr. 4) ist nur gegen das Licht ein kaum sichtbarer Fraß festzustellen, bei Woll-Kaschmir (Nr. 5) leichter Randfraß, während Woll-Flanell (Nr. 6) wieder ohne Befund geblieben ist. — Viscose-Trikot (Nr. 7) hat bereits an 9 Stellen Lochfraß, zum Teil sogar starken erlitten. Bei Viscose-Stoff (Nr. 8) waren

9 Löcher, teils größeren Durchmessers, dazu Randteilmfraß festzustellen. Viscose-Krepp (Nr. 9) zeigte an 5 Stellen Lochfraß, Viscose-Taffet (Nr. 10) an 16 Stellen Lochfraß, dazu Rand- und Teilmfraß, also bereits sehr erhebliche Schäden im Vergleich zu anderen Proben. Viscose-Trikot matt (Nr. 11) hatte 8 Löcher, dazu Rand- und Teilmfraß. Viscose-Satin



Abb. 1. Fraß von je 20 Altlarven der Termiten *Calotermes flavicollis* an unbehandelten fabrikanneuen Stoffproben bei 99 % rel. Luftfeuchtigkeit und 27° C. 1. Satin-Seide Schabe- und Lochfraß. 2. Tussah-Seide starker Loch- und Schabefraß. 3. Rohseide Loch- und Schabefraß. 4. Woll-Diagonal nur bei durchscheinendem Licht unbedeutender Fraß erkenntlich. 5. Woll-Kaschmir Randfraß. 6. Woll-Flanell unbedeutender Randfraß. 7. Viskoso-Trikot starker Lochfraß und Teilmfraß. 8. Viskoso-Stoff starker Loch- und Teilmfraß. 9. Viskose-Krepp starker Loch- und Teilmfraß.

glänzend (Nr. 12) zeigt ähnlich wie bei der letzten Kontrolle feinen Schabefraß, der von einer Stelle in Lochfraß übergeht. Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) weist an drei Stellen gleichmäßig in die Länge gezogene Löcher auf. — Die Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) hat an drei Stellen Lochfraß und an einer Stelle Randfraß erlitten. Auch an Acetat-

Kunstseide Trikot glänzend (Nr. 15) ist der Schabefraß in Lochfraß übergegangen, und zwar an 8 Stellen. Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) hat an 2 Stellen Lochfraß, dazu Schabefraß. Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) zeigt an 4 Stellen Lochfraß und im übrigen feinen Schabefraß. Bei Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) ist der Schabefraß immer noch besonders fein und zerstreut. — Der PeCe-Stoff (Nr. 19) ist wieder ohne Schaden geblieben. — Kupferkunstseide matt (Nr. 20) hat bereits an 7 Stellen Lochfraß, sonst tiefen Schabefraß. Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) zeigt an 5 Stellen Lochfraß und ebenfalls tiefen Schabefraß, der in viele kleine Löcher übergeht. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) blieb neuerdings verschont. — Auch Halbseide-Satin (Nr. 23) ist, von dunkelbraunen Stellen abgesehen, wieder unbeschädigt geblieben. — Vistra-Mouseline (Nr. 24) hat zu den früheren Beschädigungen ein neues Fraßloch erhalten. — Baumwolle (Nr. 25) weist noch immer keine Fraßstelle auf. Baumwolle gebleicht (Nr. 26) hat zu der bereits früher festgestellten Beschädigung von 2 sehr kleinen Löchern keinen neuen Fraß erlitten. Baumwolle gebleicht u. merc. (Nr. 27) weist zu den früheren sehr leichten Schäden an einer Stelle Lochfraß, sonst schwachen Schabefraß auf. —

Das Ergebnis einer 14tägigen Einwirkung der Termiten ist an den Fraßproben in den Abb. 1, 2 und 3 erkenntlich. Das in Nr. 2 der Abb. 1 dargestellte Fraßstück der Tussah-Seide weist von den Seidenstoffen die stärksten Beschädigungen auf, und zwar starken Lochfraß und Schabefraß. Die in Nr. 3 dargestellte Rohseide zeigt zwar auch Lochfraß und Schabefraß, aber nicht so stark wie die Tussah-Seide. Am wenigsten hat die Satin-Seide (Nr. 1) gelitten. Die Schabestellen verlaufen quer zur Längsfaserung des Stoffes. Als Standardprüfstoff für Seiden käme nach dem Befund des Termitenfraßes die Tussah-Seide in Frage. Die verhältnismäßig starke Beschädigung der Seidenstoffe ist auffällig. In früheren Versuchen konnte ich feststellen, daß in bedeutend längeren, vier Monate unter sonst gleichen Bedingungen andauernden Prüfungen Seidenspinnerkokons von derselben Termitenart nicht merklich angegriffen wurden.

Eine weitere Gruppe besteht aus Wollstoffen. Alle diese Wollstoffe zeigen eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen die Termiten. Der Fraß war entweder kaum wahrnehmbar oder nur vom Rande her in geringer Ausdehnung erfolgt. Woll-Kaschmir (Nr. 5) zeigt den verhältnismäßig stärksten Randfraß und käme somit als Standard-Wollprüfstoff für Imprägniermittel in Frage. In Versuchen mit Rohschafwolle konnten die Termiten bei vier Monate langer Einwirkung keinen merklichen Schaden anrichten. Die Geschmacksrichtung der Termiten steht somit im Gegensatz zu Kleidermotten, Wollkrautblütenkäfern und Teppichkäfern. Denn die Wollstoffe sind gerade für diese Keratinfresser die gegebene Nahrung.

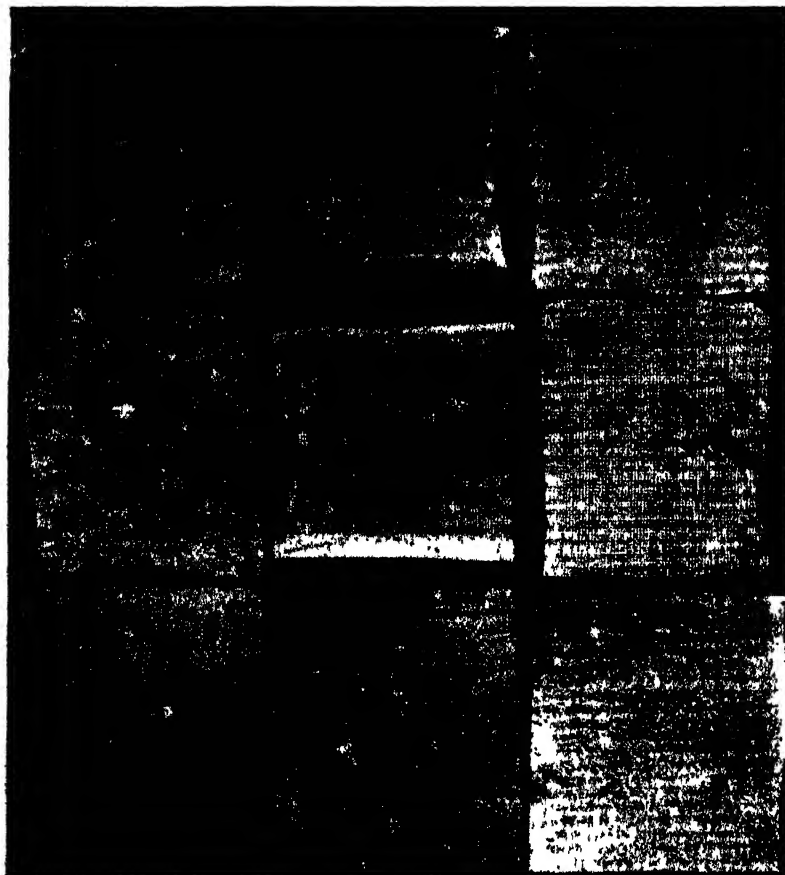


Abb. 2. Fortsetzung zu Abb. 1; 10. Viskose-Taffet starker Loch- und Teilfraß. 11. Viskose-Trikot matt starker Loch- und Teilfraß. 12. Viskose-Satin glänzend, sehr fein verteilter Schabefraß, an einer Stelle in Lochfraß übergehend. 13. Viskose-Mattkrepp starker Loch- und Teilfraß. 14. Acetatkunstseide-Trikot matt, sehr feiner Schabefraß, von drei Stellen in Lochfraß übergehend, Randfraß. 15. Acetatkunstseide-Trikot glänzend, Lochfraß und Teilfraß, jedoch nicht sehr verteilt. 16. Acetatkunstseide-Satin matt, sehr fein verteilter Schabefraß, zwei Stellen Lochfraß. 17. Acetatkunstseide-Serge sehr feiner Schabefraß, vier Stellen Lochfraß. 18. Acetatkunstseide-Satin glänzend, sehr feiner verteilter Schabefraß, Randfraß

Die Viscose-Stoffe weisen besonders starke Beschädigungen auf (vgl. Abb. 1 und 2, Nr. 7—13). Die meisten Proben zeigen starken Lochfraß, der teilweise sogar in größere Flächen umfassenden Teilfraß übergeht. Nur an Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) ist die Probe weniger von Fraß durchlöchert, dafür ist hier der Schabefraß um so ausgedehnter. Immerhin kann das Überwiegen des Schabefraßes, vor allem, wenn der Versuch sehr lange dauert, das Zeichen einer gewissen, wenn auch bei weitem nicht hinreichenden Widerstandsfähigkeit sein. Vgl. Abb. 18 und Abb. 20 in meiner Arbeit 1942 b. —

Die Acetat-Kunstseide ist im Durchschnitt viel weniger befallen als die Viscose-Stoffe. Zwar muß auch hier Lochfraß und Schabefraß verzeichnet werden, doch durchschnittlich nicht in der Ausdehnung wie bei den Viscose-Stoffen. Die geringsten Beschädigungen weist die Acetat-Kunstseide Satin glanzend auf; hier ist, von einem geringfügigen Randfraß abgesehen, nur fein verteilter Schabefraß festzustellen. Als Standardprüfstoff für Acetat-Kunstseiden kommt Acetat-Kunstseide Trikot glanzend in Frage.

Der PeCe-Stoff blieb während der 14 Prüftage ganz vom Fraß verschont. Das PeCe-Gewebe muß zufolge der Besonderheit seiner Zusammensetzung an anderer Stelle (vgl. S. 129) besprochen werden.

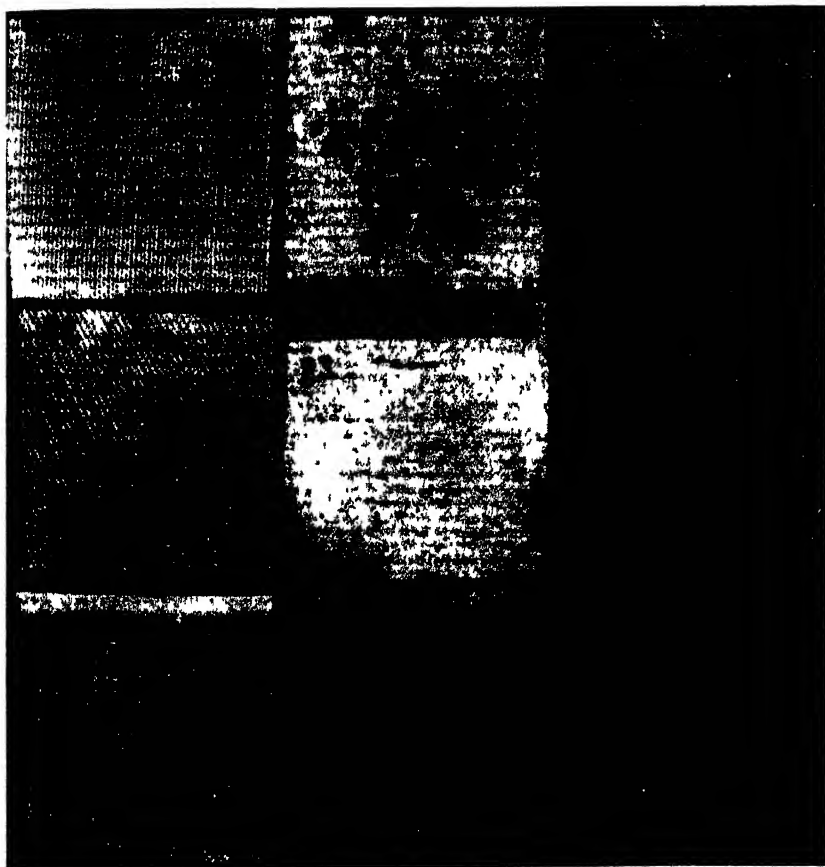


Abb 8 Fortsetzung zu Abb 2, 19 PeCe-Stoff ohne Befund (vgl. jedoch Abb 19) 20. Kupferkunstseide matt, starker Lochfraß und Teilfraß 21 Kupferkunstseide glänzend, sehr fein und weitverteilter Schabefraß, an mehreren Stellen in Lochfraß übergehend 22 Cuprama (Kupferkunstseide, Schabefraß, in Lochfraß übergehend 23 Halbeide-Satin geringfügige Fraßstellen 24. Vistra-Mouseline Schabefraß, an wenigen Stellen in Lochfraß übergehend. 25. Baumwolle ohne Befund 26 Baumwolle gebleicht, Schabefraß, an einigen Stellen Lochfraß 27 Baumwolle gebleicht und mehr Lochfraß in geringem Umfange

Die Kupferkunstseiden sind zum Teil ebenso sehr empfindlich wie die Viscose-Stoffe, besonders starke Beschädigungen weisen Kupferkunstseide matt (Nr. 20) und Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) auf, während Cuprama (Kupferkunstseide, Nr. 22) in weitem Umfang unangegriffen blieb und nur nach vorausgegangenem Schabefraß Löcher entstanden sind. Als stärkstbefressene Probe würde sich Kupferkunstseide matt (Nr. 20) für die Prüfung von Imprägniermitteln eignen.

Halbseide-Satin hat an sich nur geringfügige Fraßstellen aufzuweisen. Da nur eine Probe von dieser Stoffkategorie vorgelegen hat, kann kein weiterer Schluß gezogen werden, als daß Halbseide unter Umständen besonders widerstandsfähig sein kann, ohne deshalb als termitenfest zu gelten. Es verdient festgehalten zu werden, daß fast sämtliche untersuchten Satin-Proben wie Nr. 1 Satin-Seide, Nr. 12 Viscose-Satin glänzend, Nr. 18 Acetat-Kunstseide Satin glänzend (nicht so sehr Nr. 16 Acetat-Kunstseide Satin matt) im Rahmen ihrer Stoffkategorie eine verhältnismäßig große Widerstandsfähigkeit an den Tag legen. Es zeigt sich hier wieder, daß nicht allein die Rohsubstanz, sondern auch die Art der Verarbeitung und Zutaten die Widerstandsfähigkeit gegen Insektenfraß fördern können.

Von Vistra-Stoffen ist ebenfalls nur eine einzige Probe, und zwar in Form von Vistra-Mouseline untersucht worden. Diese Probe hat der Termiteneinwirkung nicht standgehalten.

Die Baumwollstoffe sind, wenigstens zu Beginn der Prüfung, besonders widerstandsfähig. Später erleiden Nr. 26 Baumwolle gebleicht sowie Baumwolle gebleicht u. merc. Lochfraß. Es entzieht sich meiner Kenntnis, welche Zutaten bei der Nachbehandlung der Baumwolle, also z. B. bei der Bleichung gebraucht worden sind. Daher kann auch nur bedingt darauf hingewiesen werden, daß möglicherweise die im Versuch zutage getretene größere Resistenz der nicht behandelten Baumwollprobe nachträglich durch Bleichung gelitten hat. Zur Klärung dieser Frage, die auch für andere Stoffqualitäten von allgemeiner Bedeutung ist, müßten besondere Versuche auf breiterer Grundlage angesetzt werden.

Zusammenfassung: Die Notwendigkeit der Festlegung von Standardprüfstoffen ergibt sich von selbst aus dem sehr verschiedenen Widerstand der einzelnen unbehandelten Stoffproben. Zu den im Versuch sehr resistenten Proben gehören Wollstoffe und PeCe-Gewebe. Aber auch in der gleichen Gruppe ergeben sich je nach Art der Verarbeitung auffällige Abstufungen der Festigkeit. So ist z. B. Satinseide etwas widerstandsfähiger gegenüber den anderen Seiden. Unter den durchschnittlich besonders empfindlichen Viscose-Stoffen zeichnet sich Viscose-Satin als verhältnismäßig wenig befallen aus. Von den Acetat-Kunstseiden hat Acetat-

Satin glänzend am besten standgehalten. Bei den Kupferkunstseiden hat, vor allem was die zeitliche Folge der Angreifbarkeit anbelangt, Cuprama am besten abgeschnitten. So tragen diese Untersuchungen nicht nur dazu bei, geeignete Standardprüfstoffe zu finden. Zugleich ergeben sich bei genauer Kenntnis des verwendeten Rohmaterials, der Zutaten sowie des Verarbeitungs- und Nachbehandlungsvorganges Anhaltspunkte einerseits zur Ausnutzung von Faktoren, die ohne besonderen Aufwand zu verursachen, im Sinne einer Schadenverhütung wirken und andererseits zur Vermeidung von Zutaten, die durch Begünstigung des Termitenfraßes eine Wertminderung bedeuten können. Unter dem Gesichtspunkte der Resistenzsteigerung verdienen die Satin-Ausfertigungen eine genaue Untersuchung auf Gehalt an konservierenden Substanzen, während bei anderen Proben, z. B. bei Baumwolle gebleicht sowie bei Baumwolle gebleicht und merc. infolge des Absinkens ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Baumwolle natur, nach Substanzen zu suchen wäre, die sekundär eine im Ausgangsmaterial vorhandene Festigkeit beeinträchtigen. In diesem Zusammenhange sei noch einmal auf den Unterschied der geringeren Widerstandsfähigkeit von Seidenstoffen gegenüber dem Seidenspinnerkokon hingewiesen. Hierbei läßt sich an eine die Resistenz nachteilig beeinflussende Zutatenwirkung der Stoffe oder an eine bei der Seidengewinnung bzw. im Herstellungsprozeß erfolgte Denaturierung der Wirkstoffe denken, die dem Seidenspinnerkokon seine größere Widerstandsfähigkeit verleihen. Auch Besonderheiten der Struktur können von Bedeutung sein, z. B. ist Glätte hinderlich für die Fraßtätigkeit. Vielleicht ist gerade dieser Faktor mit von Einfluß auf die relative Widerstandsfähigkeit der Satin-Ausfertigungen. Durch Kombination geeigneten Rohmaterials mit zweckmäßiger Verarbeitung, Ausfertigung und Nachbehandlung lassen sich vermutlich Stoffe zusammenstellen, die zufolge ihrer „natürlichen“ Widerstandsfähigkeit speziell für Tropenbedarf geeignet sind und mit Unterstützung eines guten Imprägniermittels viel leichter termitenfest gemacht werden können, als irgendwelche beliebig herausgegriffene Stoffe. Steigerung der Termitenfestigkeit ist um so notwendiger, als nach den bisherigen Erfahrungen selbst unsere besten Wollschutzmittel, wie die Eulane der I. G. Farbenindustrie A.-G., den empfindlicheren Stoffen keine hinreichende Termitenfestigkeit verleihen. Die Termiten sind viel wirkungsvollere Nutznießer der Textilien als die Keratinfresser, obwohl auch hier Unterschiede bestehen, indem die Stoffe, z. B. gegen *Anthrenus*-Arten eine stärkere Imprägnierung verlangen als gegen Kleidermotten. Bei den Termitenmittelpfungen hat nun ein Imprägniermittel (vgl. S. 131) so gut abgeschnitten, daß bei Verwendung von Tropenstoffen mit den oben vorgeschlagenen Eigenschaften eine absolute Termitenfestigkeit zu erzielen sein dürfte. Die Ergebnisse in Verbindung mit dem bisherigen unbehandelt leicht angreifbaren Trägerstoff sind bereits, selbst nach mehr-

facher Wäsche so befriedigend verlaufen, daß sich eine weitere Ausarbeitung sicher lohnt.

III. Widerstandsunterschiede fabrikneuer und gebrauchter Textilien

Die Schadenverhütung muß bei Textilien von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehen als bei sonstigen Vorräten. Viele lagernde Materialien sind durchschnittlich aus leicht ersichtlichen Gründen mehr von Insektenfraß bedroht als im Einsatz stehende. Von den im Haushalt gebräuchlichen Textilien befindet sich nun der Hauptteil im lagernden Zustand. Die Notwendigkeit des saisonbedingten Lagerens bringt es mit sich, daß die Textilien nicht in einem Zuge verbraucht werden. Sie müssen vielmehr wiederholt in gebrauchtem Zustande gelagert werden. Bei vielen Textilien bedeutet nun Gebrauch Abnutzung des ursprünglichen fabrikneuen Zustandes, verbunden mit Beschmutzung, anschließend Wäsche, Trocknen, Bügeln usw. Mit diesen Vorgängen ist jedesmal die Gefahr einer nachteiligen Zustandsänderung des die Termitenfestigkeit bedingenden Imprägniermittels bzw. die Möglichkeit struktureller Änderung termitenfester synthetischer Fasern verbunden. Daher darf sich die Prüfung nicht allein auf den fabrikneuen Zustand beschränken. Vielmehr sind alle Möglichkeiten des Nachlassens der Termitenfestigkeit beim Gebrauch in den Prüfgang einzubeziehen. Hierher gehört zunächst die Einwirkung feuchtwarmer Luft bei Tropenstoffen, der Einfluß von Regenwasser, ferner von Beschmutzung und Wäsche.

Zur Prüfung des Einflusses von feuchtwarmer Luft wurden imprägnierte Stoffproben (über Imprägnierung vgl. S. 115) vom 10. bis 25. Februar 1943 in einem Thermohygrostaten (Modell in Arbeit 1943 a, S. 19) der Einwirkung von 99 % relativer Luftfeuchtigkeit und 35 °C ausgesetzt. Dieser Versuch sollte zugleich klarstellen, inwieweit sich durch künstliche Klimatisierung der Prüflinge bei Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen, die oberhalb des natürlichen Bereiches liegen, die Einwirkungszeit zwecks schnellerer Erzielung der Ergebnisse abkürzen läßt. Ganz einwandfreie Versuche, in denen etwa 20—30 Jahre lang die genau der Natur entsprechenden, in Tages- und Jahreszeit stets wechselnden Bedingungen der Tropen geboten werden, lassen sich mit den derzeitigen Mitteln nicht durchführen, abgesehen davon, daß die Imprägniermittel nach so langer Versuchsdauer längst durch weiter entwickelte überholt wären. Es bleibt also nur der Weg eines abgekürzten Verfahrens. Ob die gebotene Temperaturfeuchtigkeitskombination tatsächlich die zweckmäßigste ist, muß sich noch durch mehrfache praktische Erfahrung bestätigen. Zunächst steht fest, daß die Einwirkung der auf Grund von Überlegungen gewählten Klimakombination auch auf die bisher besten Imprägniermittel eine verhältnismäßig tiefgreifende ist. Serienversuche künstlicher Klimatisierung bei den verschiedensten Kombinationen von Temperaturstufen konnten noch nicht

durchgeführt werden, da der hierfür benötigte Brückenthermostat erst jetzt lieferbar ist. In dieser Arbeit kommt es jedoch darauf an, zunächst das Prinzip des Einflusses tropischer Klimaverhältnisse an Beispielen zu erhärten.

Der Einfluß von Wasser auf die Beibehaltung der Termitenfestigkeit verfolgt das Ziel, zu prüfen, inwieweit ein Imprägniermittel an Wirkung verliert, wenn der getragene Stoff mehrfach dem Regen ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck wurden die Prüflinge bei konstant 25 °C vom 10.—25. Februar 1943 in destilliertem Wasser aufbewahrt. Dieses reichlich in Überschuß gebotene Wasser (Erlenmeyer-Kolben, 225 ccm, für etwa 10 gleichartig behandelte Stoffproben von rund 5 × 5 cm) wurde jeden fünften Tag erneuert. Nach Abschluß dieser Behandlung werden die Stoffproben zum Trocknen locker auf Filtrierpapier aufgelegt. Die gut getrockneten Stücke werden gebügelt und im Bedarfsfalle an den Kanten glatt geschnitten um eventuell auftretenden Randfraß feststellen zu können. Auch dieses Verfahren kann entsprechend dem Bestreben, die Versuchszeit nach Möglichkeit abzukürzen, nicht die natürlichen Verhältnisse wiedergeben. Es kommt auch nicht darauf an, die Stoffproben in den Tropen selbst dem natürlichen Regen auszusetzen. Wesentlich ist vielmehr zu entscheiden, ob unter annähernd gleichwertigen und vergleichbaren Bedingungen Veränderungen in der Termitenfestigkeit der Prüflinge auftreten. Und das ist nach dem Versuchsergebnis trotz der kurzen Einwirkungsdauer der Fall gewesen. Man könnte nun einwenden, daß diese Methode der Vorprüfung zu streng sei. Wenn aber in Betracht gezogen wird, daß die getragenen Stoffe öfter langdauernden Regenfällen ausgesetzt sein können, so scheint das beschriebene Verfahren doch angemessen zu sein.

Die Beschmutzung von Stoffen kann den Befall durch Schädlinge fördern. So zeigt die Erfahrung, daß Stoffe an verschwitzten Stellen besonders stark von Kleidermotten befallen werden. Es ist anzunehmen, daß beschmutzte Stoffe einen höheren Gehalt an Nährstoffen aufweisen. Man kann nun z. B. Wolle durch Zugabe von Diastase so nahrhaft für Kleidermotten gestalten, daß sich bei normaler Zimmertemperatur 10 Generationen im Jahr züchten lassen (vgl. GÖSSWALD, 1937). Auch bei anderen Insekten, die unter natürlichen Verhältnissen nährstoffarme Nahrung zu sich nehmen, läßt sich — im Gegensatz etwa zu blattgrünfressenden Raupen mit kurzer Entwicklungsdauer — durch Zugabe von Diastase und anderen Verdauungsfermenten eine erhebliche Entwicklungsbeschleunigung herbeiführen. So hatten z. B. Hausbocklarven, die als Eilarven in Diastaseholz gesetzt worden waren, nach annähernd einem Jahr ein Gewicht von 450—540 mg, während die Kontrolltiere im gleichen unbehandelten Holz erst 1,5—2,4 mg wogen (vgl. GÖSSWALD, 1936). Auch zur Zucht von Termiten wurden mit Diastase gute Erfolge erzielt (GÖSSWALD, 1943 b). Mittels chemischer Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß gerade Hausbocklarven und Termiten einen sehr hohen Gehalt an Diastase besitzen, und zwar

auch die Tiere, die nie mit Diastase gefüttert worden waren. Dagegen sind bei anderen untersuchten Insekten, die sich durch Zugabe von Diastase wegen ihrer an sich nährstoffreichen Nahrung in der Entwicklungsdauer nicht beeinflussen lassen, keine oder nur geringfügige Spuren von Diastase nachweisbar. Da nur die Textilienschädlinge zu den mit Diastase beeinflussbaren Insekten gehören, war es naheliegend, auf diesen Wirkstoff zu dem Zwecke einer künstlichen Beschmutzung bzw. Nährstoffanreicherung zurückzugreifen. Eine unmittelbare Beeinflussung des Imprägniermittels durch Diastase ist nicht wahrscheinlich und wäre auch nicht erwünscht. Das Ziel ist vielmehr festzustellen, ob die im fabrikenen Zustande bewährte Imprägnierung auch nach Beschmutzung, die gleichbedeutend sein kann mit Nährstoffanreicherung, jede Schadwirkung der Termiten hindert. In gleicher Weise läßt sich prüfen, ob vollsynthetische Faserstoffe auch noch nach Beschmutzung den Angriffen von Termiten standhalten. Die zusätzliche Prüfung der Textilien nach Einwirkung von Nährsubstraten ist nicht nur wegen der Kontrolle von Beschmutzungsvorgängen, sondern auch wegen der im Stoffverarbeitungsprozeß selbst gebotenen Zutaten erforderlich. So bedeutet z. B. die Anreicherung des Stoffes mit Stärke bei dem Vorgange der Appretur für die Termiten eine Nahrhaftmachung, unter deren Einfluß die abstoßende Wirkung des Imprägniermittels bzw. der Schutz der vollsynthetischen Faser verloren gehen kann. Als dritter Grund kommt hinzu, daß die Termiten selbst den Stoff durch Tränkung mit einem Speichelsekret aufschließen könnten, wenn nicht auch diese Wirkung im Prüfgang in Betracht gezogen worden ist. Aus dem Schadbild geht nicht immer deutlich hervor, ob die Dunkelfärbung bestimmter Stellen des Stoffes, von denen die Beschädigungen oft ihren Ausgang nehmen (vgl. z. B. Abb. 3, Bild 23 rechts u. a.) nur Speichелеinwirkungen darstellen. Sicher ist jedoch, daß der Fraß vielfach von hier um sich greift, nachdem der Prüfling wochenlang den Termiten standgehalten hat. — Die künstliche Beschmutzung wurde nun auf folgende Weise erzielt: In einer Aufschwemmung von 1 Teil Diastase (Schering) auf 20 Teile Wasser wurden die Stoffproben bei 25 ° C wie beim Wässern vorbehandelt (vgl. oben). Um eine Zersetzung der Flüssigkeit als Folge der Bakterien oder Pilze zu vermeiden, gibt man eine Spur Cumarin zu. Die Einwirkungszeit dauerte in dem nachstehend beschriebenen Versuch vom 10.—25. Februar 1943. Gegenüber den fabrikenen, nicht mit Diastase behandelten Stoffproben waren deutliche Unterschiede in der Fraßtätigkeit der Termiten zu erkennen, die dem Einfluß natürlicher Verschmutzungsvorgänge entsprechen dürften.

An Hand von Beispielen sei nun die Wirkung von Imprägniermitteln an fabrikenen und gebrauchten Stoffproben verglichen. Zur Beurteilung des Befundes muß vorausgeschickt werden, daß für die untersuchten Stoffe laut Mitteilung der auftraggebenden Firma eine scharfe Tragheitsprüfung wegen der besonders lockeren Beschaffenheit des Gewebes

nicht in Frage kam. Einer praktischen Verwendung steht also die Tatsache, daß die Termitenfestigkeit im gebrauchten Zustande gegenüber dem fabrikneuen Zustand nachgelassen hat, nichts im Wege. Es sollte nur an einem guten Imprägniermittel die Methode der Tragechtheitsprüfung dargelegt werden. Ferner ist hervorzuheben, daß dieser Versuch nicht mit der unter Abschnitt II beschriebenen Auslese von Standardprüfstoffen vergleichbar ist. Denn erstens ist die Versuchsdauer und zweitens auch teilweise die Bestückung mit Versuchstieren entsprechend der Zielsetzung ganz verschieden.

Zur Imprägnierung wurde Eulan NKF extra und neuere Mittel verwendet. Drei verschieden leicht angreifbare Stoffarten dienten zur Aufnahme des Imprägnierungsmittels: Mosquito-Tüll mit der Bezeichnung I (Kupferseide-Tüll) ferner Stoffprobe II (Viscose-Voile) und Probe III (Acetat-Seidenmarkisett). Im einzelnen wurde die Imprägnierung etwas variiert: a bedeutet Behandlung mit Eulan NKF extra, b = Eulan NKF extra + Tylose SAP 1000, d = Konservierungsmittel E 135 (Nihrenwachsemulsion), e = wie d + Tylose SAP 1000, f ist die unbehandelte Kontrolle.

Zunächst sei die Tätigkeit der Termiten an den unbehandelten Kontrollen dargelegt. Die Prüflinge sind mit je 20 Altlarven der Art *Calotermes flavicollis* bestückt. Schwach gewordene oder tote Versuchstiere werden bei der täglichen Kontrolle sofort durch gesunde ergänzt, so daß während der ganzen Prüfdauer die volle Zahl von Versuchstieren auf das Versuchsobjekt einwirken kann. Wie in allen anderen in dieser Arbeit erwähnten Versuchen wird die Prüfung auf Termitenfestigkeit bei konstant 27°C und 98–99% relativer Luftfeuchtigkeit im Fraßzwangversuch durchgeführt. Die im folgenden zu besprechende Prüfung der Stoffe im fabrikneuen Zustand dauerte zunächst vom 25. Januar 1943 bis 10. März 1943. Einige Proben, die während dieser Zeit den Angriffen der Termiten standgehalten hatten, wurden bis zum 11. August 1943 weiter geprüft. Die Gebrauchsechtheitsprüfung, d. h. die Untersuchung der Resistenz des Imprägniermittels nach Aufenthalt in feuchtwarmer Luft, in Wasser und nach künstlicher Beschmutzung erstreckte sich vom 6.–27. März 1943. Diese Prüfung ist auf kurze Dauer begrenzt, da schon sehr bald graduelle Unterschiede im Vergleich zum fabrikneuen Stoff zutage traten. Die Besonderheiten der Prüfdauer in den einzelnen Versuchen sind bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

In Abb. 4 sind drei Kupferseide-Tüll-Stücke (I f) zusammengestellt, also nicht imprägnierte Proben. Links ist starker Totalfraß bei einer fabrikneuen Probe nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 zu sehen. Es zeigt sich also, daß das Material in unbehandeltem Zustande verhältnismäßig leicht von den Termiten angegriffen wird. Auch bei der Feststellung von Resistenzunterschieden nicht imprägnierter Stoffproben haben sich die wohl ähnlich zusammengesetzten Kupferkunstseiden als durchschnittlich leicht angreifbar er-

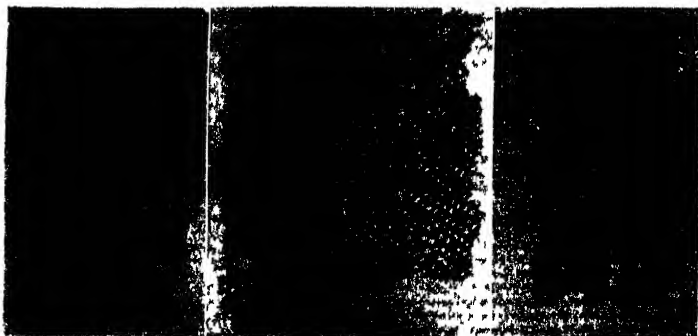


Abb 4. Unbehandelte Stoffprobe If als Kontrolle; links fabriknue, vom 25. I. bis 27. III. 1948 in Prüfung, in der Mitte nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1948 in Prüfung, rechts nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und 25° C ebenso lang in Prüfung

wiesen (vgl. S. 110). Die in der Mitte befindliche Probe If war zunächst vom 10.—25. Februar 1943 der Einwirkung von 35° C und 98—99% relativer Luftfeuchtigkeit ausgesetzt und anschließend vom 6. bis 27. März mit Termiten bestückt worden. Diese Probe unterscheidet sich nicht viel von dem im Bild nicht dargestellten Aussehen des fabriknueen Fraßstücks nach gleicher Versuchsdauer. Dagegen ist bei der rechts dargestellten vom 10.—25. Februar 1943 bei 25° C in Wasser vorbehandelten Probe in der Zeit vom 6.—27. März 1943 sehr starker Totalfraß aufgetreten. Bereits bei dem nicht mit dem Termitenmittel imprag-

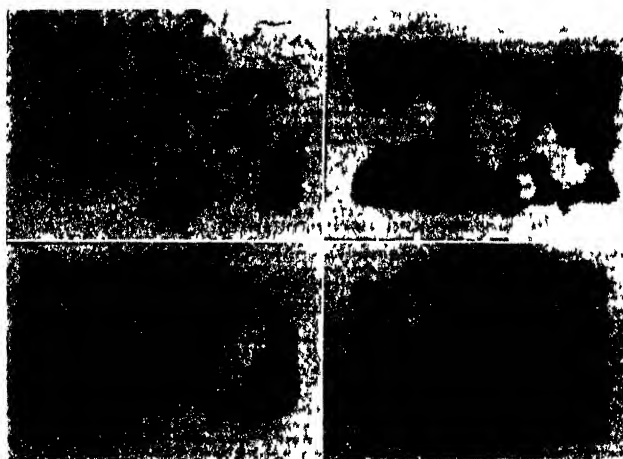


Abb 5. Unbehandelte Stoffprobe If als Kontrolle, links oben fabriknue, vom 25. I. bis 27. III. 1948 in Prüfung, rechts davon nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1948 in Prüfung; untere Reihe links nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und bei 25° C, ebenso lang in Prüfung, rechts unten nach entsprechend langem Aufenthalt in Diastase-Aufschwemmung in 25° C gleich lang in Prüfung

nierten Material sind, wie zu erwarten war, Unterschiede je nach Vorbehandlung aufgetreten. Die vom 10.—25. Februar bei 25° C in Diastaseaufschwemmung künstlich beschmutzte Probe ist nach der gleichen Versuchsdauer vom 6.—27. März 1943 ähnlich stark zerfressen gewesen wie das in Wasser vorbehandelte Stück.

Abb. 5 bezieht sich auf nicht imprägnierten Viscose-Voile (II f). Hier ist links oben das Ergebnis der Prüfung des unbehandelten Stückes im fabrikneuen Zustand dargestellt. Nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 war der Stoff fast ganz verbraucht. Auch dieses Material hat sich also in Übereinstimmung mit den vergleichenden Prüfungen der anderen nicht imprägnierten Stoffproben, in denen die Viscose-Stoffe besonders starke Beschädigungen aufweisen, als sehr wenig widerstandsfähig erwiesen. In der oberen Reihe rechts ist ein Fraßstück gleicher Qualität dargestellt, das nach der üblichen Einwirkung von

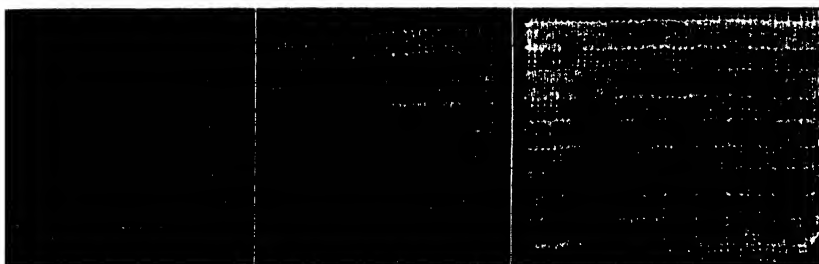


Abb. 6. Unbehandelte Stoffprobe III f als Kontrolle; links fabrikneu, vom 25. I. bis 27. III. 1943 in Prüfung; in der Mitte nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; rechts nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und 25° C ebenso lang in Prüfung

35° C und 98—99 % relativer Luftfeuchtigkeit in der Zeit vom 6. bis 27. März 1943 den Termiten ausgesetzt worden war. Diese Probe weist starken Totalfraß auf. Das unten links dargestellte in Wasser vorbehandelte Vergleichsstück zeigt besonders starken Totalfraß und das im Bild rechts unten eingesetzte Beispiel künstlicher Beschmutzung (mit Diastaseaufschwemmung vgl. oben) hat ebenfalls starke Beschädigungen erlitten.

Die in Abb. 6 dargestellte nicht imprägnierte Stoffprobe III f besteht aus Acetat-Seidenmarkisett. Das links oben dargestellte im fabrikneuen Zustand vom 25. Januar bis 27. März 1943 geprüfte Stück zeigt zwar Totalfraß, doch hält sich dieser Schaden in Anbetracht der langen Versuchsdauer und verglichen mit den im gleichen Sinne geprüften Proben von I und II in erträglicheren Grenzen. Auch in der vergleichenden Prüfung nicht imprägnierter Stoffe waren die wohl ähnlich zusammengesetzten Acetat-Kunstseidenstoffe im Durchschnitt viel weniger befallen. Das in der Mitte von Abb. 6 dargestellte Fraßstück war in gleicher Weise wie die andern bereits erwähnten Proben in feuchtwarmer Luft von 35° C und 98—99 % relativer Luftfeuchtigkeit vorbehandelt

und dann bestückt worden. Hierbei hat sich deutlicher Lochfraß ergeben, der aber bei weitem nicht so stark ist, wie z. B. das entsprechende Stück von Stoff II in Abb. 5 rechts oben. Ebenso zeigt sich bei der in Abb. 6 rechts dargestellten Probe, die unter bereits bekannten Bedingungen in destilliertem Wasser vorbehandelt worden war, Lochfraß, während das in Abb. 5 links unten entsprechende Stück von Stoff II starken Totalfraß aufzuweisen hat.

Zusammenfassend ergibt sich aus einem Vergleich der untersuchten Stoffe in nicht imprägnierten Zustand, daß am empfindlichsten Stoff II (Viscose-Voile) ist, ähnlich, jedoch nicht ganz so empfindlich ist Stoff I (Kupferseide-Tüll), während Stoff III (Acetat-Seidenmarkisett) sich in Übereinstimmung mit den in Abschnitt II der Arbeit gewonnenen Ergebnissen verhältnismäßig widerstandsfähig zeigt. Diese Verschiedenheiten der ursprünglichen Resistenz der Proben im nicht imprägnierten Zustand sind bei der Beurteilung des nun zu besprechenden Erfolges der Imprägniermittel zugrunde zu legen.

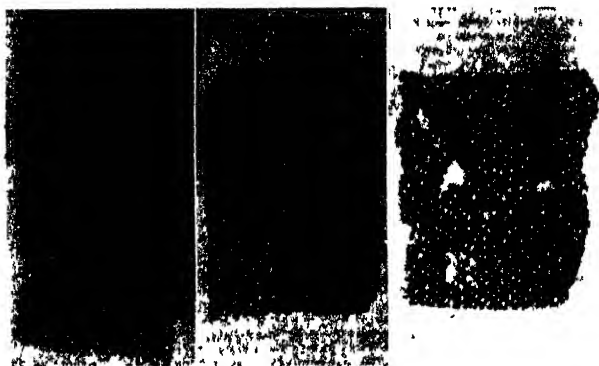


Abb. 7. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe Ia, links nach zweiwöchiger Einwirkung von 25° C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; in der Mitte nach gleich langem Aufenthalt in Aqua dest.; rechts nach ebenso langer Einwirkung von Diastase-Aufschwemmung, beide mit derselben Versuchsdauer

In Abb. 7 sind die Ia-Proben zusammengestellt. I bedeutet, wie bereits erwähnt, Kupferseide-Tüll, a Behandlung mit Eulan NKF extra. Die im fabrikanneuen Zustand geprüfte Probe ist nicht mit dargestellt, sie war nach der üblichen Einwirkungszeit der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 völlig unversehrt geblieben. Daraufhin haben vom 27. März bis 11. August 1943 ohne Unterbrechung nicht wie bisher 20, sondern nunmehr 50 Termiten auf den Stoff eingewirkt. Der Erfolg war geringfügiger Randfraß, ferner waren wenige Maschen durchgebissen. Unter Berücksichtigung der langen strengen Prüfung kann der Tüll im fabrikanneuen Zustand praktisch fast als fraßsicher bezeichnet werden. Dabei ist noch zu bedenken, daß der Stoff monatelang ganz

unangetastet geblieben war und in diesem Zeitraum extrem hohe Luftfeuchtigkeit von 98—99 % bei 27 ° C eingewirkt hat, so daß der Prüfling auf diese Weise der mit einer solchen Klimatisierung verbundenen Veränderungs-möglichkeit ausgesetzt war. Für die spätere Beurteilung des Gebrauchszustandes ist der Umstand wesentlich, daß der derart imprägnierte fabrikneue Stoff weit über die bei der Tragechtheitsprüfung gewählten Versuchsdauer hinaus unberührt geblieben ist, während vor allem die rechts in Abb. 7 dargestellte Probe eines künstlich beschmutzten Stückes nach viel kürzerer Versuchsdauer sehr deutliche Fraßschäden aufweist. Links ist in Abb. 7 die in 35 ° C und 98—99 % relativer Luftfeuchtigkeit klimatisierte Probe dargestellt. Sie war in der Zeit vom 6.—27. März 1943 unberührt geblieben. Die Probe in der Mitte von Abb. 7 war in destilliertem Wasser vorbehandelt gewesen. Bei diesem Stück wurden in der gleichen Versuchszeit nur 4 Maschen durchgebissen. Dagegen weist im Bild rechts das mit Diastaseaufschwemmung imprägnierte Stück unter sonst gleichen Bedingungen starken Lochfraß auf. Die Unwirksamkeit der Klimatisierung unter dem Einfluß von 35 ° C und 99 % relative Luftfeuchtigkeit läßt sich mit der langdauernden Beibehaltung der Fraßresistenz unter den sonst üblichen Versuchsbedingungen (27 ° C, 98—99 % relative Luftfeuchtigkeit) in Übereinstimmung bringen. Wasser hat ein geringes Nachlassen der Imprägnierung bewirkt, während unter der Einwirkung der künstlichen Beschmutzung der Schutz der Imprägnierung deutlich nachgelassen hat. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die mit Eulan NKF extra imprägnierte Probe sich im fabrikneuen Zustand praktisch als fast fraßsicher erwiesen hat. Bei der Tragechtheitsprüfung fiel die Prüfung auf Resistenz des Imprägniermittels unter der Einwirkung von extrem feuch warmer Luft befriedigend aus, nach Einfluß von Wasser hat die Widerstandsfähigkeit gegen Termitenfraß etwas, nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase sehr merklich nachgelassen. Wie bereits erwähnt, spielt für die Brauchbarkeit des Imprägniermittels in Verbindung mit dem untersuchten Stoff das Nachlassen der Resistenz keine entscheidende Rolle, da der Verwendungszweck eine derartige Tragechtheit nicht voraussetzt. Wichtig ist vielmehr festzustellen, daß der Stoff als Träger des Imprägniermittels im unbehandelten Zustand zu den leicht angreifbaren Stoffen gehört und daß demzufolge die im fabrikneuen Zustand und nach Aufenthalt in feuch warmer Luft festgestellte, bereits sehr zufriedenstellende Resistenz gegen Termitenfraß auf die Qualität des Imprägniermittels und nicht des Stoffes zurückzuführen ist.

Die in Abb. 8 dargestellten Proben von Stoff 1 b beziehen sich auf Kupferseide-Tüll, der mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägniert ist. Die fabrikneu geprüfte Probe ist nicht mit aufgeführt, bei ihr waren nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März nur wenige Maschen durchgebissen; hierauf erfolgte stärkere

Bestückung mit 50 Termiten bis zum 11. August 1943; in diesem weiteren Verlauf der Prüfung ist nur noch geringfügiger Randfraß aufgetreten. Gegenüber der Probe Ia ist demnach die Widerstandsfähigkeit in unbedeutendem Ausmaße geringer; zur Beurteilung dieses Nachlassens

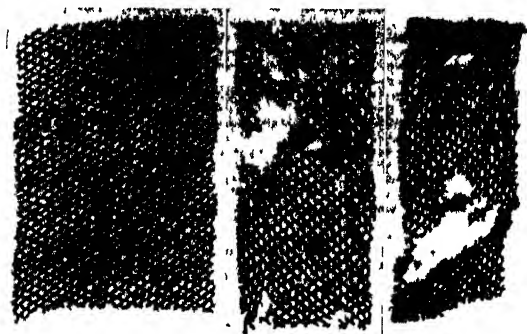


Abb. 8. Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe Ib; links nach zweiwöchiger Einwirkung von 35°C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung, in der Mitte nach gleichlangem Aufenthalt in Aqua dest., rechts nach ebenso langer Einwirkung von Diastase-Aufschwemmung, beide mit derselben Versuchsdauer

wäre es erwünscht, auch ausschließlich mit Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffe zu untersuchen und wissen, ob im Hinblick auf die Zugabe dieses zusätzlichen Imprägnierungsmittels das Eulan NKF extra weniger stark dosiert war und wie sich beide Imprägnierungsmittel miteinander vertragen. Die Notwendigkeit solcher sekundärer Untersuchungen läßt sich nicht immer von Anbeginn an übersehen. Ein Vergleich der nachbehandelten Proben von Ia und Ib führt zu der Erkenntnis, daß vor allem unter der Einwirkung von Wasser und Diastase der Imprägnierungserfolg von Ib geringer ist als bei Ia, was mit den Ergebnissen der Prüfung der imprägnierten Stoffproben im fabrikneuen Zustand übereinstimmt, wenn auch die Unterschiede hier sehr geringfügig sind. Wie bei Ia war auch bei Ib von den nachbehandelten links in Abb. 8 dargestellten Stücken die in der feuchtwarmen Luft klimatisierte Probe widerstandsfähiger, als die mit Wasser oder Diastase vorbehandelte. Bei ersterer sind nur wenige Maschen durchgebissen. Bei dem gewässerten Stoff (Abb. 8, Mitte) ist Lochfraß und Totalfraß und bei dem künstlich beschmutzten Stück ist ebenfalls starker Lochfraß und Totalfraß zu vermerken. Der Einfluß der Vorbehandlung mit Wasser und Diastase ist also hier sehr deutlich. Die Vorbehandlung und die Prüfbedingungen waren die gleichen wie bei Ia und sämtlichen anderen im folgenden aufgeführten Untersuchungen des Abschnittes III der Arbeit.

In Abb. 9 ist das Fraßbild der mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachse-mulsion) imprägnierten Proben Id deutlich von den mit Eulan NKF extra behandelten Stücken verschieden. Während

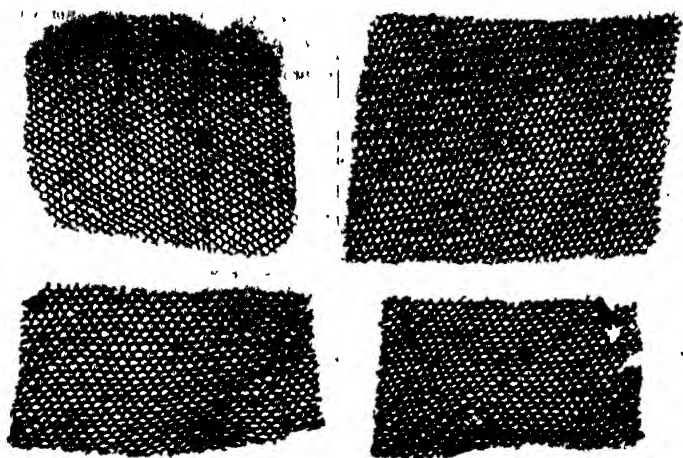


Abb. 9 Mit Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemlulsion) imprägnierte Stoffprobe Id; links oben fabrikneu untersucht in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit Randfraß, rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35°C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

die fabrikneuen untersuchten Stoffe Ia und Ib keine oder nur unwesentliche Beschädigungen aufweisen und die mit Wasser und Diastase vorbehandelten deutlich weniger widerstandsfähig sind, ist bei den Proben Id das in Abb. 9, links oben, dargestellte fabrikneu untersuchte Stück zwar am Rand deutlich befallen nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943, aber bei den kurzfristigeren Prüfungen nach der Vorbehandlung mit feuchtwarmer Luft, Wasser und Diastase hat sich kein so großer Unterschied, also ein weniger starkes Nachlassen der ursprünglich vorhandenen Resistenz herausgestellt, als bei der Eulanimprägnierung. Dem Nachteil der geringeren

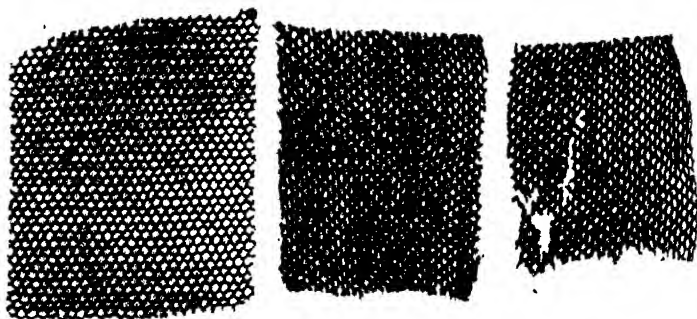


Abb. 10. Mit Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemlulsion) und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe Ie; links nach zweiwöchiger Einwirkung von 35°C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; Mitte Ia nach Einwirkung von Aqua dest.; rechts nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase

Resistenz im fabriktneuen Zustand steht also die bessere Beibehaltung der ursprünglich erreichten Widerstandsfähigkeit gegenüber. Der im Bild rechts oben dargestellte Prüfling war mit feuchtwarmer Luft vorbehandelt worden. Er blieb ganz unbeschädigt. Die links unten aufgeführte in Wasser vorbehandelte Probe weist ebenfalls keinen Fraß auf. Dagegen zeigt das mit Diastase künstlich beschmutzte Stück Lochfraß.

Die in Abb. 10 dargestellten Proben Ie sind mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) + Tylose SAP 1000 imprägniert. Die Folgeerscheinungen sind ähnlich wie bei Id. Das im Bild nicht mit aufgeführte fabriktneu geprüfte Stück war in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 ohne Schadwirkung geblieben und daher anschließend bis 11. August 1943 verstärkt mit 50 Versuchstieren bestückt worden. Daraufhin zeigte sich starker Loch- und Randfraß. Verglichen mit ebenso lang untersuchten eulanisierten, fabriktneuen Proben des gleichen Stoffes ist hier wieder das Konservierungsmittel E 135, auch in Verbindung mit Tylose weniger fraßresistent. Dagegen zeigt sich abermals der Vorteil dieses Imprägnierungsverfahrens hinsichtlich Festigkeit gegen nachteilige sekundäre Beeinflussung der Imprägnierung durch Wasser. Das links abgebildete in feuchtwarmer Luft vorbehandelte Stück ist, von nicht sicher feststellendem Randfraß abgesehen, unbeschädigt geblieben. Auch nach Einwirkung von Wasser zeigte sich (Bild Mitte) kein Schaden. Nur nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase ist wieder Lochfraß aufgetreten.

Zusammenfassend läßt sich nach Prüfung des Kupferseide-Tülls sagen: Da nicht imprägnierte Proben sehr stark zerfressen worden sind, ist die mit Eulan NKF extra erzielte praktisch fast genügende Fraßsicherheit als Erfolg des Imprägnierungsmittels zu verzeichnen. Tylose- (SAP 1000) Zugabe zeigt hier weder in Verbindung mit Eulan, noch mit dem anderen untersuchten Imprägnierungsmittel (E 135, Nibrenwachsemulsion) eine die Termitenfestigkeit sichtlich beeinflussende zusätzliche Wirkung. Das Konservierungsmittel E 135 hat zwar im fabriktneuen Zustand weniger gute Erfolge als Eulan NKF extra aufzuweisen, da für schneidet es bei der Tragechtheitsprüfung besser ab. Der Vorteil dieses Mittels besteht also vor allem in der konservierenden Wirkung. Theoretisch kann daher angenommen werden, daß bei einer kombinierten Imprägnierung mit Eulan NKF extra + E 135 sich ein Dauerschutz von Textilien gegen Termiten erzielen läßt. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß nicht nur der imprägnierte Kupferseide-Tüll, sondern auch die unbehandelte Kontrolle I f nach Wasserwirkung bzw. Diastaseeinwirkung viel leichter von den Termiten angegriffen wird als die nicht dem Wasser ausgesetzten Proben.

Das Konservierungsmittel E 135 jedoch macht den Stoff weitgehend widerstandsfähig gegen die Aufschließung durch Wasser.

Durch Vergleich des mit den beiden untersuchten Mitteln zu erzielenden Imprägniererfolges an weiteren, andersartigen Stoffproben soll nun festgestellt werden, ob sich nur relative, etwa durch ursprüngliche Stofffestigkeit bedingte Abstufungen oder auch grundsätzliche Verschiedenheiten in dem Endergebnis der Termitenfestigkeit ergeben.

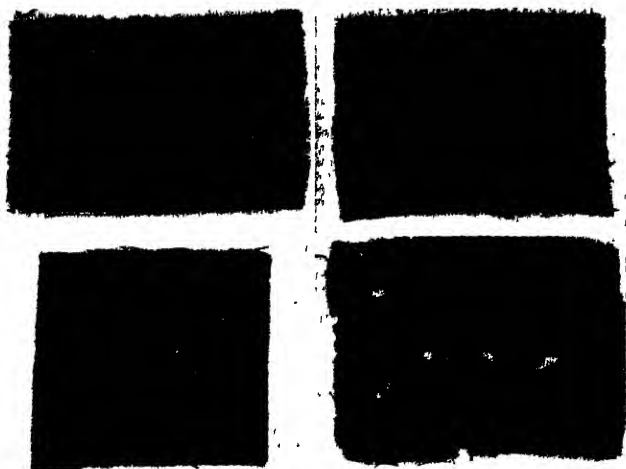


Abb. 11. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe IIa (Viskose-Voile); links oben fabrikaner untersucht in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit schwachem Lochfraß; rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 90 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleichlanger Versuchsdauer

Zunächst steht die Stoffprobe II (Viskose-Voile) in Frage. In Abb. 11 sind die mit Eulan NKF extra imprägnierten Proben IIa dargestellt. Das im Bild links oben aufgeführte Stück war in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 im fabrikanen Zustand geprüft worden und hatte dabei leichten Lochfraß erlitten, während der bereits im unbehandelten Zustand widerstandsfähigere Kupferseide-Tüll unter gleichen Bedingungen unbeschädigt geblieben war. Das rechts oben abgebildete mit feuchtwarmer Luft vorbehandelte Stück war während der Prüfzeit vom 6.—27. März 1943 unbehelligt geblieben, nach Wassereinwirkung (links unten) zeigte sich schwacher und nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase (rechts unten) stärkerer Lochfraß.

Die in Abb. 12 zusammengestellten Fraßstücke beziehen sich auf eine mit Eulan NKF extra + Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe IIb (Viscose-Voile). Links oben zeigt das im fabrikanen Zustande vom 25. Januar bis 27. März geprüfte Stück Lochfraß. Am Rande der beiden größeren Löcher sind deutlich die Ausscheidungen der

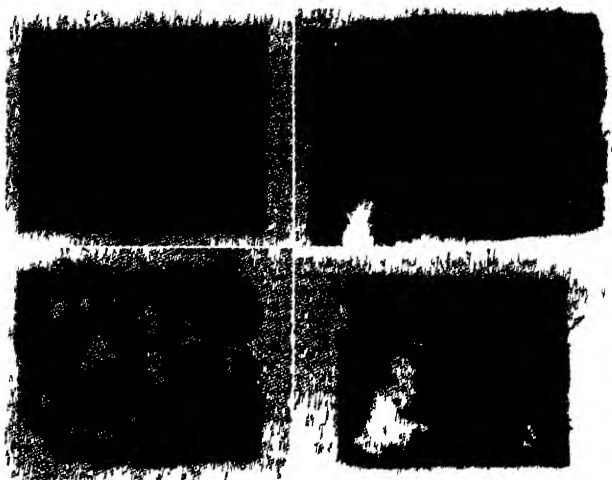


Abb 12 Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe IIb (Viskose-Volle), links oben fabriken mit stärkerem Lochfraß in der Zeit vom 25 I bis 27 III 1943, rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35°C und 99% rel Luftfeuchtigkeit vom 6 III bis 27 III 1943 in Prüfung links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

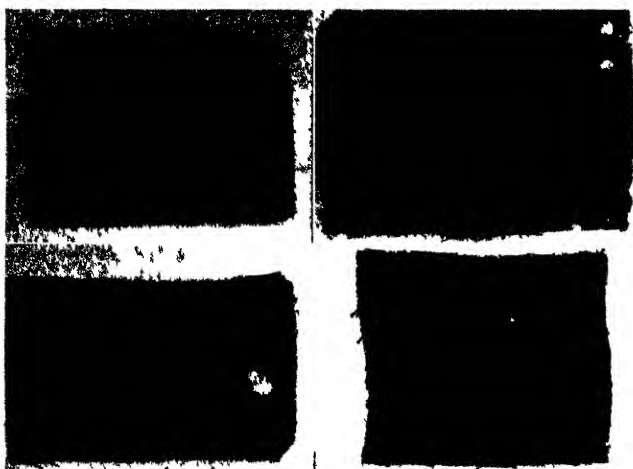


Abb 13 Mit dem Konservierungsmittel E 180 (Nebenwachs-emulsion) imprägnierte Stoffprobe IIc links oben fabriken untersucht in der Zeit vom 25 I. bis 27 III 1943 mit Loch- und Randfraß, rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35°C und 99% rel Luftfeuchtigkeit vom 6 III bis 27 III 1943 in Prüfung links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

Termiten als dunkle Flecke zu erkennen Auf die Möglichkeit, daß diese Ausscheidungen das Material aufschließen, wurde bereits hingewiesen Rechts oben ist an der in feuchtwarmer Luft klimatisierten Probe nach einer Versuchsdauer vom 6.—27 März 1943 Lochfraß und Teilfraß

festzustellen. In Anbetracht der kürzeren Einwirkungszeit der Termiten sind die Beschädigungen an den nachbehandelten Stücken verhältnismäßig viel größer als an den fabrikneuen. Besonders starken Lochfraß und Teilfraß weist die gewässerte Probe (links unten) auf und auch der künstlich mit Diastase beschmutzte Stoff hat sehr starken Teilfraß erlitten. Ein Gesamtvergleich der Beschädigungen in Abb. 11 und 12 läßt erkennen, daß die Zugabe von Tylose zu Eulan NKF extra die Termitenfestigkeit bestimmt nicht erhöht, sondern eher beeinträchtigt hat. Die Untersuchungen mit denselben Imprägniermitteln am Kupferseide-Tüll (vgl. Abb. 7 und 8) haben zu dem gleichen Ergebnis geführt.

Auch die Abb. 13 und 14 sind sehr aufschlußreich. In Abb. 13 ist die Stoffprobe II d beschädigt nach Imprägnierung mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachseulsion) dargestellt; links oben zeigt der im fabrikneuen Zustand geprüfte Stoff nach einer Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 Lochfraß und Randfraß. Rechts oben ist das Fraßstück mit Lochfraß nach Klimatisierung in feuchtwarmer Luft dargestellt, links unten zeigt sich ebenfalls Lochfraß nach Wässerung und rechts unten schwacher Lochfraß nach künstlicher Beschmutzung. Die Einwirkungsdauer erstreckt sich für die nachbehandelten Stoffe wie üblich vom 6.—27. März 1943.

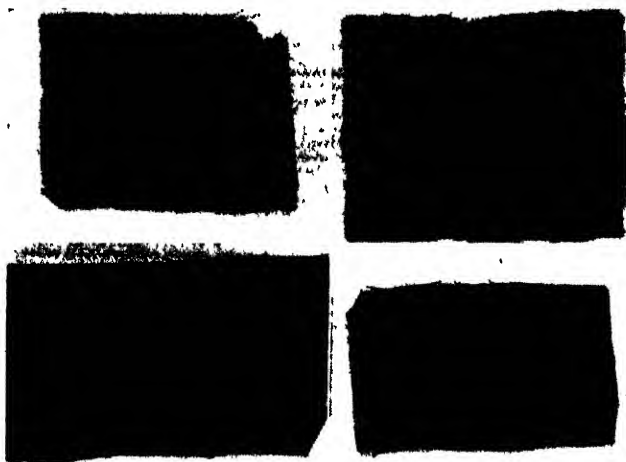


Abb. 14. Mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachseulsion) und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe II c; links oben fabrikneu geprüft in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit Loch- und Randfraß rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 85°C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

In Abb. 14 zeigen die mit dem Konservierungsmittel E 135 + Tylose SAP 1000 imprägnierten Viscose-Voile-Proben (II a) ähnlich geringe Beschädigungen. Links oben ist wieder die fabrikneu geprüfte Probe

nach einer Versuchszeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 dargestellt. Hierbei ist leichter verteilter Lochfraß und stärkerer Randfraß aufgetreten. Die Wirkung ist ähnlich, wie bei dem ohne Tylosezusatz behandelten Stück in Abb. 13. Auch bei den vorbehandelten Proben ist nach Nibrenwachsimprägnierung, ähnlich wie bei dem Kupferseide-Tüll (Abb. 9 und 10), keine deutlich sichtbare Schwächung des Widerstandes gegen Termiten nach Vorbehandlung des Stoffes erfolgt. Rechts oben in Abb. 14 weist die klimatisierte Probe nach einer Prüfdauer vom 6.—27. März 1943 Randfraß auf; links unten zeigt die gewässerte Probe feinen Lochfraß, während die künstlich beschmutzte Probe kaum sichtbaren Lochfraß erkennen läßt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß auch in Verbindung mit Stoffprobe II wie bei I das Eulan NKF extra die bessere Wirkung im fabriktneuen Zustande zeigt, während das Konservierungsmittel E 135 einen besseren Schutz gegen die Nachwirkungen, wie Einfluß von feuchtwarmer Luft, von Wasser und künstlicher Beschmutzung verleiht. Das Nachlassen der Wirksamkeit von Eulan NKF extra nach Vorbehandlung der Stoffe geht am deutlichsten bei Vergleich von Abb. 12 mit Abb. 14 hervor. Der Einfluß der Diastase war in Verbindung mit Stoffprobe II nicht so deutlich wie zusammen mit Probe I. Bemerkenswert ist ferner, daß Tylose SAP 1000 in Zusammenhang mit dem Konservierungsmittel E 135 keine so nachhaltige Wirkung zeigt, wie in Verbindung mit Eulan NKF extra. Vielleicht steht diese Erscheinung mit der Erfolgswirkung des Nibrenwachses gegen Wasser und Diastaseaufschwemmung in Zusammenhang.

Als dritte letzte Stoffprobe (III) wurde noch im Zusammenhang mit den gleichen Imprägniermitteln Acetat-Seidenmarkisett auf Tragechtheit untersucht. Aus der Prüfung der nicht imprägnierten Kontrollstücke ging bereits hervor, daß diese Stoffart im Vergleich zu den beiden anderen untersuchten Proben I und II verhältnismäßig widerstandsfähig ist.

In Abb. 15 sind die mit Eulan NKF extra imprägnierten Proben III a (Acetat-Seidenmarkisett) zusammengefaßt. Die fabriktneue geprüfte Probe war vom 25. Januar bis 27. März 1943 unbeschädigt geblieben und wurde daher unter verstärkter Bestückung mit 50 Termiten bis zum 11. August 1943 weiter untersucht. Nach dieser langen Zeit war nur schwacher Randfraß aufgetreten (Bild links oben). Die Resistenz der Probe III (sowohl bei a wie bei b, vgl. auch unten) ist auf die größere ursprüngliche Widerstandsfähigkeit des verwendeten Trägerstoffes Acetat-Seidenmarkisett zurückzuführen⁷⁾. Von den anderen, kurzfristig ge-

⁷⁾ Die anderen zwei zur Untersuchung eingereichten Stoffproben sind, wie bereits erwähnt, empfindlicher und diese Empfindlichkeit kommt auch noch nach der Imprägnierung zum Ausdruck. Beim Kupferseide-Tüll (Probe I) blieben nur die mit Eulan NKF extra imprägnierten fabriktneuen Stücke bis zum 27. März unbeschädigt, bei dem besonders empfindlichen Viscose-Voile (Probe II) wiesen auch die eulansierten Prüflinge zum 27. März Fraßspuren auf.

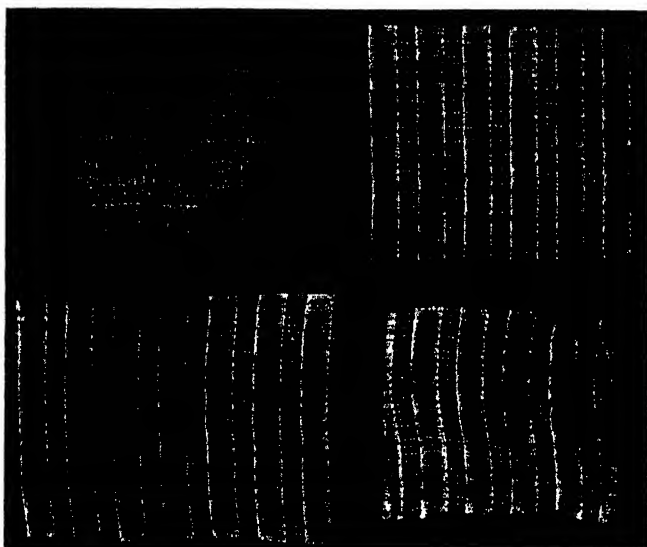


Abb. 15. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe IIIa (Acetatkunstseiden-Markisett); links oben fabriken; nach der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 noch keine Beschädigung, daher wurde unter verstärkter Bestückung bis zum 11. VIII. 1943 weiter geprüft. Nach dieser langen Versuchsdauer war Loch- und Randfraß in geringem Umfang aufgetreten. Rechts oben zeigt die Probe nach zweiwöchiger Klimatisierung und der für vorbehandelte Stücke üblichen Prüfdauer vom 6. III. bis 27. III. 1943 keinen Fraßschaden. Die mit Wasser vorbehandelte Probe (links unten) hat Lochfraß erlitten, das künstlich beschmutzte Stück (rechts unten) Loch- und Randfraß

prüften vorbehandelten Proben blieb die in feuchtwarmer Luft klimatisierte (rechts oben) unangetastet, die gewässerte Probe zeigt Lochfraß, die mit Diastase künstlich beschmutzte Lochfraß und Randfraß nach Einwirkung der Termiten vom 6.—27. März 1943.



Abb. 16. Mit dem Konservierungsmittel E 185 imprägnierte Stoffprobe IIIa (Acetatseiden-Markisett). Links nach Aufenthalt in feuchtwarmer Luft in der Zeit vom 6. III. bis 11. VIII. 1943 mit Termiten bestückt. In der Mitte ebenfalls mit Lochfraß und vom Rand her mit stärkerem Telfraß nach Aufenthalt im Wasser und gleich langer Prüfdauer, rechts nach künstlicher Beschmutzung ohne Fraßschaden nach Termiteneinwirkung in der Zeit vom 6. III. bis 27. III. 1943

Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierter Stoff, der die Bezeichnung III b tragen würde, ist nicht zur Prüfung eingereicht worden. Die mit dem Konservierungsmittel E 135 imprägnierte Stoffserie III d ist in Abb. 16 dargestellt. Die fabrikneue zunächst in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 geprüfte Probe (im Bild nicht aufgeführt) zeigte nur sehr geringfügige Schäden. Eine kleine Masche war entzwei und am Rand waren wenige Fasern abgebissen. Nachdem die Probe daraufhin bis zum 11. August 1943 mit 50 Termiten verstärkt bestückt worden war, war Lochfraß und Randfraß aufgetreten. Dieser Befund weist darauf hin, daß zu der guten ursprünglichen Widerstandsfähigkeit des Acetat-Seidenmarkisetts noch die gute Wirkung des Imprägniermittels hinzugekommen ist. Die mit feuchtwarmer Luft vorbehandelte Probe hat Lochfraß und stärkeren Randfraß erlitten (Bild links) die gewässerte Probe (Bild Mitte) vom Rand her Teilfraß, während das in Diastaseaufschwemmung vorbehandelte Stück (Bild rechts) kaum beschädigt wurde.

Die Beschreibung der Waschechtheitsprüfung kann kurz gefaßt werden, da diese im Prinzip ähnlich verläuft, wie bei den vorangegangenen Beispielen des Einflusses künstlicher Klimatisierung, Wässerung und Verschmutzung. Die Proben wurden mit dem Einheitswaschpulver in der üblichen Weise gewaschen, an der Luft getrocknet und dann gebügelt. Hatte sich der Stoff fabrikneu bewährt, so wurde die Prüfung nach einmaligem Waschen, Trocknen und Bügeln wiederholt, im Falle weiterer Bewährung wurde diese ganze Vorbehandlung 5mal, dann 10mal und schließlich 20mal durchgeführt. Als Stoff diente bei diesen Prüfungen Viscose-Krepp. Dieses Material ist gegen Termiteneinwirkung verhältnismäßig empfindlich, wie aus den Untersuchungen über die Resistenzunterschiede der nicht imprägnierten Stoffproben unter Abschnitt II hervorgeht und zufolge dieser Eigenschaft zur Prüfung von Imprägniermitteln geeignet. Zunächst wurden im fabrikneuen Zustand verschiedene mit den Nrn. 1599, 1600, 1603, 1604, 1605 und 1606 bezeichnete Proben untersucht. Die Proben 1605

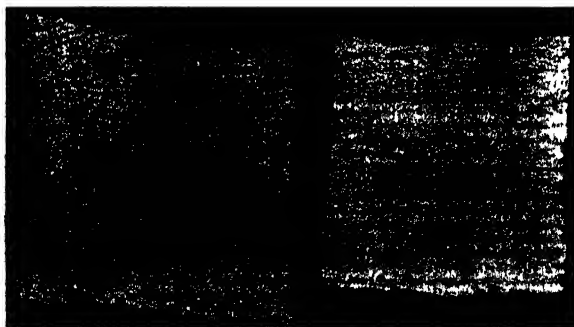


Abb. 17. Viskose-Krepp-Proben mit Imprägniermittel 1603 und 1604 behandelt, fabrikneu geprüft in der Zeit vom 26. III. bis 13. IV. 1943. Loch- und Schabefraß

und 1606 zeichneten sich vor den übrigen durch Widerstandsfähigkeit gegen Termiteneinwirkung aus und kamen daher für die Waschechtheitsprüfungen in Frage. Die Nrn. 1599 und 1600 hatten in der Zeit vom 23. März bis 13. April 1943 Schabefraß und Lochfraß erlitten und schieden daher aus. Ähnlich zeigten die Nrn. 1603 und 1604 (vgl. Abb. 17) nach dieser Prüfzeit vom 23.—30. März 1943 Lochfraß und Schabefraß, der bereits in Lochfraß übergeht. Nach längerer Klimatisierung wurde zunächst Nr. 1605 in der Zeit vom 21. September bis 15. November 1943 nachgeprüft. In dieser Zeit trat schwacher Schabefraß auf, der allmählich in feinen Lochfraß überging (Abb. 18 links). In der gleichen Zeit wurde dieselbe Stoffprobe Nr. 1605 nach einmaliger Wäsche geprüft. Hier zeigte sich nun stärkerer Lochfraß (Abb. 18 Mitte), noch stärkerer Lochfraß wurde unter gleichen Bedingungen nach 20maliger Wäsche festgestellt; nach 20maliger Wäsche traten in der Prüfzeit vom 27. September bis 15. November 1943 erhebliche Beschädigungen auf,



Abb. 18 Viskose-Krepp mit Imprägnierungsmittel 1605 behandelt, links nach fünfmonatiger Klimatisierung in der Zeit vom 21. IX. bis 15. XI. 1943 mit Termiten bestückt, mit leichtem Schabefraß, mitte Lochfraß nach einmaliger Wäsche und einer Prüfdauer vom 21. IX. bis 15. XI. 1943 rechts nach zwanzigmaliger Wäsche mit stärkerem Lochfraß, vom 21. IX. bis 15. XI. 1943 geprüft

wie in Abb. 18 das Bild rechts zeigt. Aus den Beispielen geht sehr deutlich hervor, wie ein im fabrikenen Zustand verhältnismaßig gutes Imprägniermittel bereits nach einmaliger und noch mehr nach öfterer Wäsche an Wirksamkeit verlieren kann.

IV. Untersuchung vollsynthetischer Stoffe

Die zur Prüfung vorgelegenen Proben vollsynthetischer Stoffe haben Superpolyamide (Polyvinylchlorid) als Rohmaterial zur Grundlage. In Abb. 19 ist links oben grobmaschiges PeCe-Gewebe mit Loch- und Randfraß dargestellt. Die Probe war im fabrikenen Zustand vom 2. Februar bis 4. August 1943 geprüft worden. Rechts daneben ist eine weitere Probe des groben PeCe-Gewebes mit Rand- und Lochfraß dargestellt, welche nach einmaliger Wäsche in der Zeit vom 3. Mai bis 5. August 1943 mit Termiten bestückt worden war. Darunter sind in Abb. 19 Stücke eines feinen, jedoch sehr dichten PeCe-Gewebes zusammengestellt, links wieder

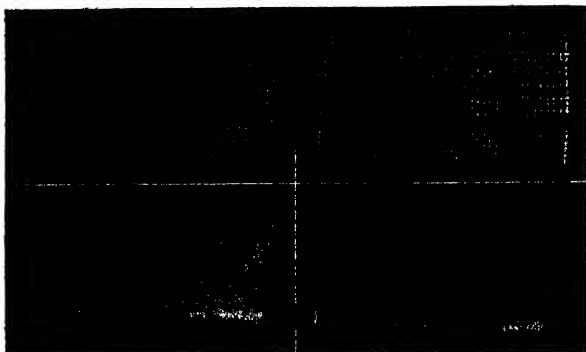


Abb. 19. Links oben PeCe-Gewebe grob, in fabrikenem Zustand vom 2. II. bis 4. VIII. 1943 mit Termiten bestückt, mit Rand- und Lochfraß, rechts oben das gleiche Gewebe nach einmaliger Wäsche vom 3. V. bis 5. VIII. 1943 in Prüfung mit Rand- und Lochfraß. Unten PeCe-Gewebe fein unter gleichen Bedingungen wie die entsprechenden darüber liegenden Stücke geprüft, links fabriken neu mit Randfraß, rechts nach Wäsche mit Schabefraß

fabriken geprüft in der gleichen Zeit wie oben mit Schabefraß, der in Lochfraß übergeht, rechts die gleiche Stoffqualität nach einmaliger Wäsche Schabefraß zeigend. Der Umstand, daß die gewaschenen Stücke unbedeutend geringfügigere Beschädigungen aufweisen, ist auf die etwas kürzere Dauer dieser Prüfung im Vergleich zur Untersuchung im fabrikenen Zustand zurückzuführen. Ein Nachlassen der Widerstandsfähigkeit des vollsynthetischen Stoffes als Folge der Wäsche ist also nicht nachweisbar. Der Vorzug der vollsynthetischen Stoffe beruht unter anderem darauf, daß sie unter der Voraussetzung hinreichender Widerstandsfähigkeit des Rohmaterials erstens nicht imprägniert werden müssen und daher zweitens wiederum im Gegensatz zu den z. B. auf Woll- und Holzbasis aufgebauten Stoffen nicht Gefahr laufen, eine durch Imprägnierung erworbene Termitenfestigkeit zu verlieren. Zur Widerstandsfähigkeit des PeCe-Gewebes ist zu bemerken, daß diese zwar den strengen Anforderungen des Versuches nicht genügt hat, daß jedoch das PeCe-Gewebe zu den widerstandsfähigsten Geweben gehört, die heute bekannt sind. Bei einer Untersuchung von Resistenzunterschieden nicht imprägnierter Stoffproben in Abschnitt II der Arbeit war ein andersartiges PeCe-Gewebe in der Versuchszeit vom 15.—30. März 1943 nicht beschädigt worden. Diese Prüfdauer ist nun allerdings für eine Untersuchung der absoluten Widerstandsfähigkeit viel zu kurz, doch geht aus dem Vergleich mit den zahlreichen anderen Stoffproben wenigstens die relativ große Resistenz sehr deutlich hervor.

Auch eine andere, in Abb. 20 dargestellte Ausfertigung von vollsynthetischem Stoff (auf Basis der Superpolyamide) hat eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gezeigt. Es handelt sich um weiches, tüll-

artiges Gewebe in einer grauen (oben) und bräunlichen (unten) Ausstattung. Die graue Probe war im fabrikenen Zustand vom 3. Mai bis 5. August 1943 mit Termiten bestückt gewesen und hat als Folge an einer Stelle Lochfraß aufzuweisen. Die im Bild unten angefügte Probe war ebenfalls fabriken untersucht worden, und zwar in der Zeit vom 3. Mai bis 21. September 1943; hier ist Rand- und Schabefraß zu vermerken. Die Beschädigungen sind also auch in Anbetracht der langen strengen Prüfung gering und es scheint daher aussichtsreich, das Ziel der Erlangung einer Termitenfestigkeit mittels vollsynthetischen fraßsicheren Rohmaterials weiter zu verfolgen.

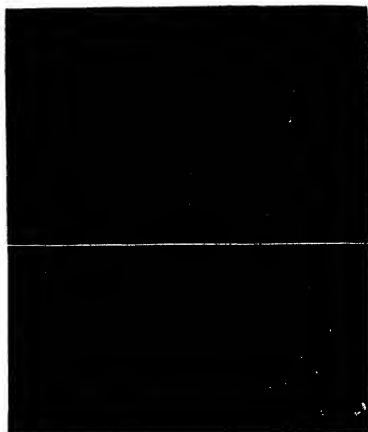


Abb. 20. Weiches vollsynthetisches Gewebe auf Hyperpolyamidbasis, fabriken vom 3. V. bis 5. VIII. 1943 mit Termiten bestückt; oben graue Ausstattung mit Lochfraß, unten bräunliche Ausstattung mit Rand- und Schabefraß

Die Gebrauchsechtheitsprüfung würde sich bei den vollsynthetischen Stoffen in der gleichen Weise gestalten wie bereits an anderen Mustern beschrieben.

C. Zusammenfassung

In Anpassung an die neuzeitlichen Aufgaben des Textilienschutzes wurden Methoden der Prüfung von Stoffen im fabrikenen und im Gebrauchszustand zusammengestellt. Zunächst ist die Eigenart des Trägerstoffes von ausschlaggebender Bedeutung, da von dessen natürlicher Resistenz in der Prüfung der Erfolg des Imprägniermittels mit bedingt ist. Man wählt daher für die Untersuchung von Imprägniermitteln einen von den Termiten möglichst leicht angreifbaren Standardstoff für jede Stoffkategorie. Zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit an vollsynthetischen Stoffen, die bereits im nicht imprägnierten Zustand auf Grund der Termitenfestigkeit ihrer Rohfasern vor Fraß geschützt sein sollen, wird eine Qualität als Standardstoff verwendet, die unter Bedingungen, welche für das Versuchstier optimal sind, gerade noch schwach beschädigt werden kann, um auf diesem Wege die Angriffsbereitschaft der Versuchstiere zu überwachen.

Bei der Untersuchung zahlreicher Stoffqualitäten im unbehandelten Zustand haben sich erhebliche Resistenzunterschiede herausgestellt, die in der Hauptsache auf die natürliche Widerstandskraft des verwendeten Rohmaterials, nebenbei jedoch auch auf die Art des Verarbeitungsvorganges

zurückgeführt werden. Wollstoffe haben eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit, Viscose-Stoffe weisen besonders starke Beschädigungen auf, Acetat-Kunstseiden sind im Durchschnitt viel weniger befallen als Viscose-Stoffe. PeCe-Stoff blieb bei kurzer Prüfdauer vom Fraß verschont, Kupferkunstseiden sind ebenso sehr empfindlich wie Viscose-Stoffe, Halbseide-Satin zeigt geringfügige Fraßstellen, Vistra-Stoffe halten der Termiteneinwirkung nicht stand, Baumwollstoffe sind relativ sehr widerstandsfähig. Auch Besonderheiten der Struktur des Stoffes können von Bedeutung sein. So sind die glatten Satin-Ausfertigungen der untersuchten Stoffkategorien verhältnismäßig resistent. Durch Kombination geeigneten Rohmaterials mit zweckmäßiger Verarbeitung, Ausfertigung und Nachbehandlung läßt sich vermutlich die natürliche Widerstandsfähigkeit der Textilien steigern.

Beim Gebrauch und Lagern von Stoffen besteht die Möglichkeit einer nachteiligen Zustandsänderung des Imprägniermittels oder strukturellen Änderung synthetischer Fasern. Daher wurden an Hand von Beispielen Methoden angegeben zur Nachprüfung der an fabrikneuen Stoffen gewonnenen Ergebnisse auch im Gebrauchszustand mittels Feststellung des Einflusses von feuchtwarmer Luft, Wasser, Beschmutzung und Wäsche. Eine am fabrikneuen Material befriedigende Termitenfestigkeit kann durch derartige, im täglichen Gebrauch der Stoffe unvermeidliche Einwirkungen erheblich herabgesetzt werden. Dabei muß nicht immer, wie die verwendeten Beispiele zeigen, das im fabrikneuen Zustand des Stoffes am besten wirkende Imprägniermittel auch bei der Gebrauchsechtheitsprüfung am besten abschneiden. Die meisten Imprägniermittel haben noch den Mangel einer zu geringen konservierenden Wirkung.

Die Untersuchungen vollsynthetischer Stoffe sind zunächst sehr befriedigend verlaufen, wenn auch noch Verbesserungen nötig sind. Hervorzuheben ist die verhältnismäßig sehr große Widerstandskraft gegen Termiteneinwirkung ohne die Notwendigkeit der Imprägnierung. Ferner ist von großem Vorteil die im Vergleich zu den bisher gewohnten Stoffarten bedeutend geringere Zustandsänderung der Termitenfestigkeit im Gebrauch.

D. Schrifttum

- BECKER, G., 1942 a, Der Einfluß verschiedener Versuchsbedingungen bei der „Termitenprüfung“ von Holzschutzmitteln unter Verwendung von *Calotermes flavicollis* als Versuchstier. Wiss. Abh. d. Deutschen Materialprüfungsanstalten 2, 55—66.
- — 1942 b, Prüfung von Textilien auf „Termitenfestigkeit“. Melliand Textilberichte, Heidelberg Nr. 11/12, 9 Seiten.

- BECKER, G., SCHULZE, B., und SCHULZ, ERNA, 1942, Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegen Termiten. Wiss. Abh. d. Deutschen Materialprüfungsanstalten 2, H. 3, 40—55.
- GÖSSWALD, K., 1937, Richtlinien zur Dauermassenzucht der Kleidermotte *Tineola biselliella* Hum. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Nr. 55, 205—208.
- — 1939, Richtlinien zur beschleunigten Heranzucht von Larven des Hausbocks *Hylotrupes bajulus* L. Nachrichtenblatt f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 3, 17—19.
- — 1941 a, Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Mitt. Biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstw. Nr. 65, S. 34.
- — 1941 b, Massenzucht von Termiten. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Nr. 65, 35—36.
- — 1942 a, Einiges über die Zucht der Termiten und die Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Der prakt. Desinfektor H. 4/5, 37—39 u. 47—50.
- — 1942 b, Methoden der Untersuchung von Termitenbekämpfungsmitteln. A. Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Kolonialforstl. Mitt. 5, 343—377.
- — 1942 c, Sind die Termiten nützlich oder schädlich? Europ. Wissenschaftsdienst 3, 28—29.
- — 1943 a, Zur Prüfung von Vorbeugungs- und Bekämpfungsmitteln gegen Termiten. Anzeiger f. Schädlingskunde 19, 13—21 u. 30—34.
- — 1943 b, Richtlinien zur Zucht von Termiten. Zeitschr. angew. Entomologie 30, 297—316.
- HASE, A., 1932, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. I. Teil. Über 10 Jahre lang bestehende Mottenechtheit von Wolle durch Imprägnierung mit „Eulan F.“ Anz. f. Schädlingskunde 8, H. 7.
- — 1933 a, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. II. Teil. Über Jahre lang bestehende Mottenechtheit von Wolle durch Imprägnierung mit „Eulan neu“. Anz. f. Schädlingskunde 9.
- — 1933 b, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. III. Teil. Langfristige Reihenversuche an mit „Eulan NK.“, „Eulan W extra“ und „Eulan neu“ behandelten Wollproben. Anz. f. Schädlingskunde 9.
- — 1937, Richtlinien zur biologischen Prüfung von Wollschutzmitteln. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. H. 55, 193—203.
- — 1942, Über das Problem „Termitenfeste Gewebsausrüstung“. Melliand Textilberichte 23, 35—36.
- HERFS, A., 1932 a, Dermestiden als Schädlinge an Wolltextilien. Melliand Textilberichte, Heidelberg, Nr. 5, 6, 7.
- — 1932 b, Über den Teppichkäfer und seine Bekämpfung. Nachrichten über Schädlingsbekämpfung Nr. 4, Leverkusen.
- — 1936, Ökologisch-physiologische Studien an *Anthrenus fasciatus* Herbst. Zoologica 34, Lief. 1/2, H. 90, 96 Seiten.
- KOFOID, CH. A., 1936, Termite and Termite control. Univ. Calif. Press, Berkeley, 2. Aufl., 795 Seiten.
- LIESE, J., 1941, Gebäudeschutz gegen tierische und pilzliche Schädlinge in den Tropen. Zentralbl. d. Bauwelt, vereinigt mit Zeitschr. f. Bauwesen.
- — 1942, Schutzbehandlung kolonialer Holzarten. Tropen- und Kolonialtechnik 84—92.
- MECKBACH, E., 1921, Mottenechte Wolle mittels Eulan. Bayer. Textilber. über Wissenschaft, Industrie und Handel. Melliand Textilber. Nr. 18 u. 19, J. II.
- SEIFERT, LISELOTTE, 1942, Untersuchungen über die Termitenfestigkeit tropischer Nutzhölzer. I. Teil. Prüfung der natürlichen Resistenz. Kolonialforstl. Mitt. 5, 265—274.

SEIFERT, LISELOTTE, 1943, Untersuchungen über die Termitenfestigkeit tropischer Nutzhölzer. II. Teil. Der Nachweis insektizider Inhaltsstoffe und ihre Isolierung durch Extraktion. Kolonialforstl. Mitt. 5, 438—448.

WILLIAMS und KOFOID, 1936, Texts on Wollboards and insulating materials. Rep. 45, S. 574—576; aus KOFOID, 1926.

Nachdem die vorliegende Arbeit im Jahre 1943 abgeschlossen und in Druck gegeben worden war, erschien folgende im Zusammenhang mit der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit wichtige Arbeit, in der auch auf den Einfluß der Belichtung von Stoffen hingewiesen wird:

BECKER, G. und SOMMER, H., 1946, Über die Berücksichtigung der Gebrauchseinflüsse bei der Prüfung von Textilien mit Sonderausrüstung auf Termitenfestigkeit. Melliand Textilberichte Nr. 8, 247—251.

(Aus dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem)

Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven

Von

GÜNTHER BECKER

Mit 8 Abbildungen

Inhalt:

I. Aufgabe der Untersuchungen. — II. Allgemeines über die Durchführung. — III. Versuche über den Wärmeeinfluß. 1. Temperatur-Optimum. 2. Wirkung wechselnder Wärme. 3. Temperaturgrenzen für das Larvenwachstum. — IV. Larvenwachstum bei höherer Holzfeuchtigkeit. — V. Einfluß der unterschiedlich bedingten Anfangsgröße auf das Larvenwachstum. 1. Eiggröße und Herkunft des Geleges. 2. Umweltbedingungen während der Embryonalentwicklung. — VI. Schlüpfen, Wahlvermögen und Hungerfähigkeit der Eilarven. — VII. Wachstumsbeschleunigung durch geeignete Larvenernährung. 1. Bisherige Ergebnisse. 2. Der wirksamste Eiweißzusatz zum Holz. 3. Der Einfluß von Hefe und Vitamin B. — VIII. Die Abhängigkeit der Verpuppung von Außenbedingungen. — IX. Arbeitsanweisung zur Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der Hausbockkäfer-Larven. — X. Zusammenfassung der Ergebnisse. — Schrifttum.

I. Aufgabe der Untersuchungen

Für ein schädliches Insekt von größerer wirtschaftlicher Bedeutung, das wirksam bekämpft werden soll und dementsprechend zu einem wichtigen Versuchstier wird, ist eine möglichst umfassende Erforschung aller Lebenserscheinungen erwünscht, wenn nicht sogar unentbehrlich. Die im folgenden mitgeteilten Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven (*Hylotrupes bajulus* L.) sollen einige zum Teil wesentliche Lücken in der Kenntnis dieses gefährlichsten einheimischen Holzzerstörers schließen helfen.

So war aus mehreren Gründen die genaue Bestimmung des Temperaturoptimums und der Grenzen für die Larvenentwicklung sowie eine Untersuchung über die Wirkung wechselnder Wärme erforderlich, nachdem bei den bisherigen Versuchen stets nur mit gleichbleibenden Wärmestufen gearbeitet worden war. Die Anwendung von Wechseltemperaturen ist bei dem bekannten Mangel an Erfahrungen auf diesem Gebiet gleichzeitig für die allgemeine Ökologie von Wert.

Über die Wirkung höherer Holzfeuchtigkeit, als sich bei gesättigter Luftfeuchtigkeit einstellt, lagen bisher keine Ergebnisse vor. Für die

Beurteilung des Massenwechsels der Art im Freien waren hier also — in der Versuchsausführung nicht ganz einfache — Prüfungen erforderlich.

Die starken Unterschiede in der Größenzunahme der Tiere auch unter gleichen Bedingungen und die erforderliche Beachtung dieser Erscheinung bei der Schutzmittelprüfung gab die Veranlassung, den Einfluß der verschiedenen bedingten Anfangsgröße der Eilarven auf das Wachstum einmal zu verfolgen. Im Anschluß daran sollen einige Beobachtungen über das Schlüpfen, das Wahlvermögen und die Hungerfähigkeit der Eilarven mitgeteilt werden.

Ein weiterer Teil der Arbeit enthält die Ergebnisse von Versuchen, die bereits früher erreichte Beschleunigung der Larvenentwicklung durch geeignete Nahrungsansätze weiter zu steigern. Die dadurch ermöglichte weitgehende Abkürzung der unter natürlichen Verhältnissen sehr langen Entwicklungsdauer ist für laufende Aufgaben der Holzschutzmittelprüfung von großem Nutzen.

Schließlich sind verschiedene Beobachtungen und Versuche über den Eintritt der Verpuppung sowie über die durch Außenbedingungen verursachte Hemmung und Auslösung dieses Vorganges zusammengestellt.

II. Allgemeines über die Durchführung¹⁾

Es wurde besonders darauf geachtet, alle Bedingungen — wenigstens innerhalb einer jeden zusammengehörigen, in sich abgeschlossenen Versuchsreihe — so einheitlich und gleichbleibend wie möglich zu gestalten. Temperatur und Feuchtigkeit waren — abgesehen von den Versuchen mit wechselnden Bedingungen und gewissen, nicht zu vermeidenden, geringfügigen Schwankungen — konstant. Besonders zu berücksichtigen ist die Gleichheit der Voraussetzungen bezüglich der Ernährung der Tiere, da mit Holz als Grundnahrung gearbeitet wurde, das innerhalb desselben Stammes einen sehr wechselnden Nahrungswert für die Tiere besitzt (K. SCHUCH, 1937 b, G. BECKER, 1942 a).

Die verwendeten Holzklotzchen hatten $5 \times 2,5 \times 1,5$ cm³ Abmessungen (5-cm-Kante in Stammrichtung). Sie waren sorgfältig aus gleichmäßig gewachsenem, astfreien und harzarmen Kiefernspiltholz ausgewählt und wurden für die Versuche, ihrer ehemaligen Lage im Stamm entsprechend, fortlaufend in Stammrichtung verwendet, indem die einzelnen Tiere der verschiedenen zu einer Versuchsreihe gehörigen Bedingungen abwechselnd nacheinander in die aufeinanderfolgenden Klotzchen eingesetzt wurden. Die Voraussetzung der Gleichheit der Nahrungsbedingungen wurde somit so weitgehend wie möglich erfüllt, und mit Rücksicht darauf wurde auch die Klotzchengröße so klein gewählt.

Die Larven wurden vor den Versuchen mehrere Wochen lang, die Eier während der Embryonalentwicklung unter einheitlichen Bedingungen gehalten, um Fehler zu vermeiden und die an und für sich hohe Streuung der Werte möglichst gering zu halten. Da die Wachstumsgeschwindigkeit in (nicht linearer) Abhängigkeit von der Größe verschieden ist (G. BECKER, 1942 a), würden die Tiere 1. für jede Versuchsreihe aus einem möglichst

¹⁾ Für uner müdliche Hilfe bei den Versuchen danke ich Frl. I. POPPE.

begrenzten Größenbereich genommen und 2. vor den Versuchen dem Gewicht nach geordnet und dann gleichmäßig auf die Einzelgruppen einer Versuchsreihe verteilt, so daß Fehler und Schwankungen auch von dieser Seite her nach Möglichkeit ausgeschaltet wurden.

Als Maßstab für den Einfluß der verschiedenen Bedingungen diente die Gewichtszunahme der Larven innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Dazu wurden die Tiere nach ein- bis zweitägigem Hungern auf einer Analysenwaage auf 0,1 mg genau gewogen. Die Versuchsdauer betrug bei den älteren Larven fast ohne Ausnahme 70 (68—71) Tage, bei den Eilarven indessen länger (3—10 Monate).

Daß man von der Gewichtsveränderung der Larven in verhältnismäßig kurzfristigen Versuchen nicht eindeutige Schlüsse auf den Einfluß der geprüften Bedingungen für die Gesamtentwicklung, Sterblichkeit und Fruchtbarkeit der Art ziehen kann, hat bereits K. SCHUCH (1937 a, b, 1938) betont. Für die vorliegenden Fragestellungen reichen die Versuchszeiten indessen aus.

Um zur Beschleunigung des Larvenwachstums innerhalb kurzer Versuchszeiten stärkere Unterschiede in der Gewichtszunahme auf Grund der geprüften Bedingungen zu erhalten, wurden die Holzklötzchen bei zahlreichen Versuchsserien mit Pepton als Eiweißzusatz angereichert. Die Tränkung mit den Peptonlösungen bzw. -aufschwemmungen erfolgte im Unterdruckverfahren, wie es an anderer Stelle bei ähnlichen Versuchen (G. BECKER, 1942 a) beschrieben worden ist. Die Aufnahme an Pepton ist jeweils in den Tafeln angegeben. Weitere erwähnenswerte Einzelheiten der Versuchsausführung sind an entsprechender Stelle beschrieben.

III. Versuche über den Wärmeeinfluß

1. Temperaturoptimum

Der Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus* L.) ist innerhalb unserer deutschen Tierwelt, der holzfressenden Insekten und auch unter den einheimischen Cerambyciden ein besonders wärmeliebendes Tier, wie die Untersuchungen von K. SCHUCH (1937) über die Larvenentwicklung, P. STEINER (1937) über die Embryonalentwicklung und K. HERTER (1943/44) über die Vorzugstemperaturen von Larven und Käfern gezeigt haben. Eine genauere Festlegung des Temperaturoptimums und eine Berücksichtigung wechselnder Wärmebedingungen erschien aus praktischen Bedürfnissen erwünscht und ganz allgemein der Untersuchung wert, zumal die Versuche im Rahmen der ohnehin erforderlichen Haltung der Larven für Prüfungszwecke wenig Mehrarbeit erforderten.

Nach den Untersuchungen von K. SCHUCH (1937 b) über die Abhängigkeit der Larvenentwicklung von der Wärme an jüngsten und älteren *Hylotrupes*-Larven bei Anwendung gleichbleibender Umweltbedingungen liegt die untere Grenze für ein Larvenwachstum bei 10—12 °C, die obere zwischen 35 und 40 °, und am raschesten verläuft die Entwicklung bei ungefähr 28 ° oder etwas höherer Wärme. Die Lage der geprüften Temperaturpunkte (14,5 °, 21 °, 28 ° und 33 °) läßt eine genaue Festlegung der günstigsten Wärme nicht sicher zu.

Zur Feststellung, bei welcher Wärme sich die Larven unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen am raschesten entwickeln — gleichzeitig mit dem praktischen Ziel der schnellstmöglichen und geeigneten Weiterzucht —, wurden Eilarven und ältere Tiere verschiedener Größe bei 96—98 % relativer Luftfeuchtigkeit (über K_2SO_4 -Lösung mit Bodenkörper), in einzelnen Versuchsreihen bei Ernährung mit unverändertem, in anderen in Kiefernspilnholz mit Eiweißzusatz („Peptonum e caseino“ oder „Pepton 203“ der Firma F. Witte, Rostock) bei 28° und 30° C gehalten. Die Abweichungen von diesen Wärmestufen betrugen etwa $\pm 0,3^\circ C$. Die Berücksichtigung verschiedener Feuchtigkeitsstufen war dabei vorerst nicht möglich.

Tabelle 1

Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven bei vergleichsweise 28° und 30°. (Versuchsbedingungen: Konstante Temperatur, $\sim 97\%$ rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

Zusatz-Fütterung zu Kiefernspilnholz	Temperatur °C	Anfangsgewicht der Larven in mg	Anzahl der Versuchstiere bei Versuchsende	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
				Versuchswert	bei „28°“ — Wert = 100 ^u
„Pepton 203“ (1 %)	28	0,6... 2,5	16	252	100
	30	0,8 .. 2,5	16	348	138
(Holz mit Baumkante)	28	5,0... 16	4	108	100
	30	5,2... 16	4	129	120
—	28	5,5... 18	8	42	100
	30	5,5... 21	8	52	124
„Pepton 203“ (1 %)	28	1,4... 17	14	1129	100
	30	1,7... 17	18	1152	102
„	28	3,6... 21	10	854	100
	30	4,1... 28	12	997	116
„Pepton 203“ . .	28	9,3 .. 29	15	466	100
	30	13 ... 25	6	448	96
„Peptonum pro bacterioll“	28	23 ... 81	6	118	100
	30	26 ... 84	6	121	102
„Pepton 203“ . .	28	49 ... 82	5	348	100
	30	45 ... 81	6	251	72
— *)	28	48 ... 245	8	32	100
	30	52 ... 207	7	23	72
Abgerundete Mittelwerte aus mehreren Versuchsreihen .	28				100
	30	1 ... 20	(4 Versuchsreihen)		120
	28				100
	30	4 ... 30	(2 Versuchsreihen)		110
	28				100
	30	30 ... 250	(3 Versuchsreihen)		80

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse. Die 9 Einzelversuche sind annähernd nach dem Anfangsgewicht der Larven geordnet. Es zeigt sich,

*) Kürzere Versuchszeit.

daß das Verhältnis der durchschnittlichen Gewichtszunahme bei 28° und 30° verschieden ist, der Unterschied aber in offenbar gesetzmäßiger Beziehung zum Anfangsgewicht der Larven steht. Die jüngsten Larven wachsen bei 30° schneller als bei 28°, für die älteren dagegen ist 28°

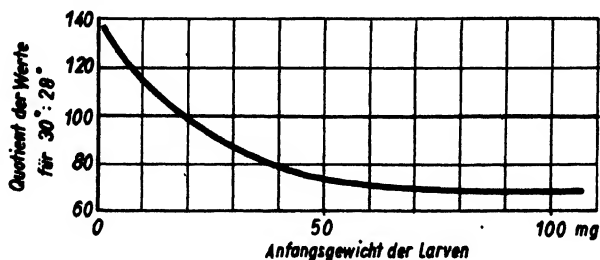


Abb. 1. Änderung des Temperaturoptimums für das Larvenwachstum von *Hylotrupes bapulus* L. in Abhängigkeit vom Anfangsgewicht der Tiere

günstiger als 30°. Es liegt also kein einheitliches Temperaturoptimum für die gesamte postembryonale Entwicklungszeit vor, sondern die Temperatur, bei der jüngste und ältere Larven am raschesten wachsen, unterscheidet sich um mindestens 2°. Die Abb. 1, 3 und 4 geben die ungefähren Verhältnisse wieder. Für Larven mit kleinerem Gewicht als etwa 25 mg erfolgt die Entwicklung oberhalb, für die größeren unterhalb 29° am schnellsten.

Der in Abb. 3 und 4 gegebenen graphischen Darstellung der Wachstumsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur für verschieden große Larven (unter zusammenfassender Auswertung der hier vorliegenden Versuche) liegen außer den in Tabelle 1 auch die in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Versuchswerte zugrunde.

Bei früheren Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Gewichtszunahme der Hausbocklarven bei 28° in annähernd linearer Funktion

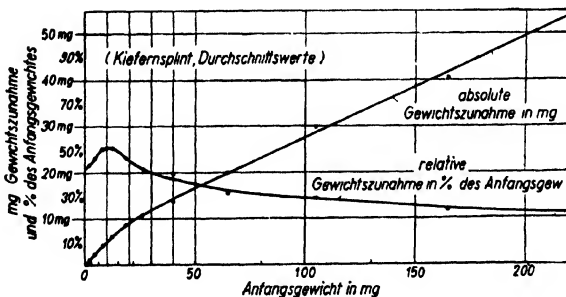


Abb. 2. Gewichtszunahme von Hausbocklarven. Abhängigkeit vom Anfangsgewicht (28° C, 90–93% relative Luftfeuchtigkeit, Versuchsdauer 70 Tage) nach G. BECKER 1942

vom Anfangsgewicht erst von einer bestimmten Größe an, nämlich von etwa 40 mg an, abhängt (Abb. 2). Kleinere Tiere wachsen verhältnismäßig rascher; doch wurde aus dem Kurvenverlauf bereits damals erschlossen, daß „die verwendeten Klimabedingungen (28°, 90–93%

relative Luftfeuchtigkeit) anscheinend für die jüngsten Larven nicht optimal“ seien. Ein Vergleich mit den neuen Ergebnissen zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung der Grenzen des Larvengewichts für die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit mit denen für die Verschiebung des Temperaturoptimums der raschesten Entwicklung.

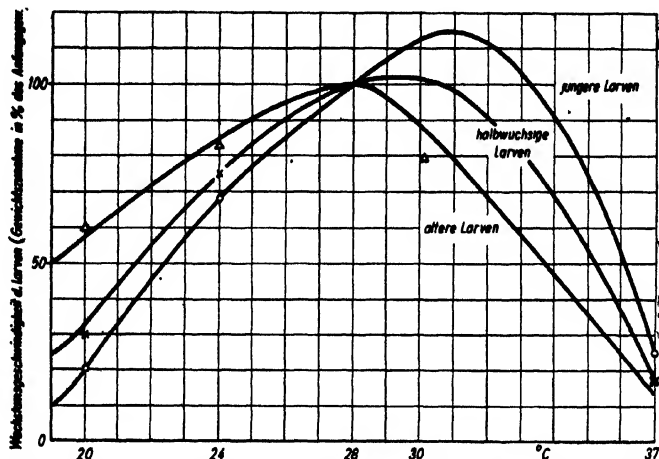


Abb. 3. Temperatureinfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven bei $\sim 97\%$ relativer Luftfeuchtigkeit; 28° als Bezugswert ($=100$)

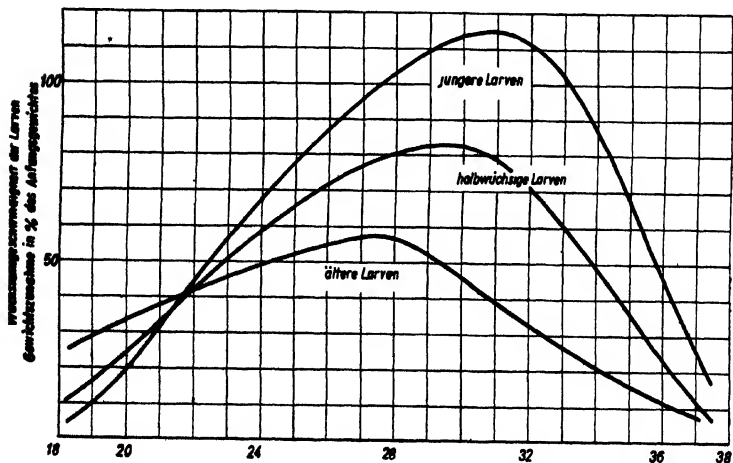


Abb. 4. Temperaturabhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit verschiedener großer Hausbocklarven bei $\sim 97\%$ relativer Luftfeuchtigkeit

Die graphische Darstellung der Ergebnisse in Abb. 3, bei der sämtliche Versuchswerte auf die Verhältnisse bei 28° bezogen sind, zeigt in Übereinstimmung mit den früheren Versuchen von K. SCHUCH (1937 b), daß der Wachstumsunterschied zwischen 28° und 20° bei den jüngeren

Larven bedeutend größer ist als bei den älteren; gegen Temperaturen oberhalb des Optimums sind jedoch die letzteren anscheinend etwas empfindlicher als die ersteren.

Bei Versuchen von K. SCHUCH (1938) waren *Hylotrupes*-Eilarven bei 90 bis 93 °/o und bei 50—57 °/o relativer Luftfeuchtigkeit in dauernder Wärme von 33 ° deutlich langsamer gewachsen als bei 28 °, bei 72—77 °/o dagegen ergab sich bei beiden Temperaturen annähernd gleiche Gewichtszunahme. Hier fehlen noch weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit des Temperaturoptimums von der Feuchtigkeit.

E. JANISCH (1938) hat experimentell gezeigt, daß schnellste und optimale Entwicklung hinsichtlich eines Umweltfaktors nicht zusammenzufallen brauchen, sondern z.B. für die Nonne (*Lymantria monacha* L.) bei verschiedener Wärme erfolgen. Er betont dabei den Mangel an entsprechenden Unterlagen für andere Insekten. Die Versuche, die diese wichtige Frage des Temperaturoptimums auch für die Hausbocklarven verfolgen sollten, konnten leider infolge der Kriegsverhältnisse nicht beendet werden.

2. Wirkung wechselnder Wärme

Bei den meisten bisherigen Laboratoriumsversuchen ist mit gleichbleibenden Wärmestufen gearbeitet worden, also unter Verhältnissen, wie sie in der Natur nur selten für längere Zeit verwirklicht sind. Nur für gewisse Vorratsschädlinge im Innern von Gebäuden bleiben die Umweltbedingungen mehr oder weniger lange unverändert.

Besonders K. FRIEDERICHs (1930), O. KAUFMANN (1932), W. SPEYER (1937), F. SCHWERTFEGER (1942) und F. STELLWAAG (1944) haben betont, wie dringend die Berücksichtigung wechselnder Temperaturbedingungen neben den ausgedehnten Erfahrungen über den Einfluß gleichbleibender Wärmestufen im Laboratorium ist. Die drei letztgenannten Arbeiten enthalten ausführliche Übersichten über die bisherigen Ergebnisse und Schriftumsangaben.

Die Lebensweise der Hausbocklarven im Innern des Holzes mit seiner verhältnismäßig geringen Wärmeleitfähigkeit schützt sie zwar vor raschen Temperaturveränderungen; für die Beurteilung ihrer Wachstumsgeschwindigkeit unter natürlichen Verhältnissen erschien es aber wichtig zu sein, auch wechselnde Bedingungen zu prüfen und dabei festzustellen, ob vielleicht gleichbleibende Wärmeverhältnisse auf die Dauer ungünstig und bei der Haltung und Aufzucht der Larven zu vermeiden seien.

Zur Vereinfachung wurde zwischen jeweils zwei Wärmestufen gewechselt, vorzugsweise zwischen 28 ° und 20 °, daneben zwischen 28 ° und 5 ° sowie zwischen 24 ° und 37 °. Der erste Fall entspricht etwa den Tages- und Nachttemperaturen der Luft auf Dachböden während vieler Sommertage; bei der zweiten Bedingung sollte die Nahrungsaufnahme der Tiere für eine gewisse Zeit ganz ausgeschaltet werden; die dritte sollte den Einfluß sehr hoher zeitweiliger Wärme, wie sie im Sommer in besonntem Holz im Freien entsteht, beurteilen helfen. Über die während der Sommermonate auf Dachstühlen herrschenden tatsächlichen Temperaturverhältnisse findet man Angaben bei K. SCHUCH (1938). — Die Klötzchen befanden sich in flachen (etwa 25 mm hohen) Glasschalen. Ihre Abkühlung bzw. Erwärmung bei Temperaturwechsel erfolgte entsprechend verzögert.

Bei der Zusammenstellung der Ergebnisse in den Tabellen 2 und 3 wurde davon abgesehen, die eigentlichen Versuchswerte der verschiedenen Untersuchungsreihen im einzelnen wiederzugeben, um nicht die Übersichtlichkeit der Tafeln

durch Mitteilung allzu vieler Zahlen zu erschweren. Vielmehr ist jeweils nur die durchschnittliche Gewichtszunahme in Prozent des Anfangsgewichts, und zwar einheitlich umgerechnet auf den = 100 gesetzten Wert für „28° const.“, angegeben. Aus jeweils mehreren Versuchsreihen wurden weitere Mittelwerte errechnet, die auch für die zusammenfassende graphische Darstellung in Abb. 5 verwendet wurden.

Tabelle 2

Einfluß wechselnder Temperatur-Bedingungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven. (Fütterung: Kiefernspiltholz mit und ohne Eiweißzusatz; ~ 97% rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: bei Eilarven 3 bzw. 6 Monate, bei anderen Larven 70 Tage.)

	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes bei einheitlicher Umrechnung auf „Wert für 28° const.“ = 100							
		Versuchsbedingungen							
		28° const.	20° const.	28°: 2 Tage 20°: 5 Tage	28°: 5 Tage 20°: 2 Tage	28°: 8 Std. 20°: 16 Std.	28°: 16 Std. 20°: 8 Std.	28°: 2 Tage 5°: 5 Tage	28°: 5 Tage 5°: 2 Tage
Einzelversuchsreihen	Eilarven (3 Monate)	100	51	31	93	49	102	19	39
	Eilarven (3 Monate)	100	—	—	73	73	—	—	59
	Eilarven (6 Monate)	100	57	86	151	133	167	71	158
	2...22 . .	100	18	68	100	—	—	12	20
	6...30 . .	100	18	43	45	51	55	26	38
	8...31 . .	100	47	87	87	69	87	—	—
	8...60 . .	100	25	45	63	56	—	21	38
	31...80 . .	100	51	53	79	95	100	22	79
	31...100 . .	100	67	67	86	93	122	—	—
	30...105 . .	100	61	75	83	104	116	—	—
	30...110 . .	100	70	126	130	100	141	—	—
	71...360 . .	100	57	124	130	67	132	71	108
Abgerundete Mittelwerte zum Teil aus mehreren Versuchsreihen:	Eilarven (3 Monate)	100	50	30	80	60	100	20	50
	Eilarven (6 Monate)	100	60	90	150	130	170	70	160
	2...60 (4 Versuchs- reihen) . .	100	30	60	70	60	70	20	30
	30...110 (4 Versuchs- reihen) . .	100	60	80	95	100	120	—	80
	71...360 . .	100	60	120	130	70	130	70	110

Auch bei diesen Versuchen erwies es sich als zweckmäßig, daß von vornherein verschieden große Tiere berücksichtigt wurden. Grundsätzlich ergibt sich nämlich aus den erhaltenen Zahlenwerten, daß jüngste Larven in 70 Tagen bei dauernder Wärme von 28° rascher wachsen als bei einem Wechsel zwischen 28° und 20°; etwas ältere Tiere (von ungefähr 50 mg Anfangsgewicht an) dagegen zeigen bei Wärmewechsel ein größeres Endgewicht als bei gleichbleibend 28°; in der Größe da-

Tabelle 3

Einfluß wechselnder Temperaturbedingungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven. (Fütterung: Kiefernspiltholz mit und ohne Eiweißzusatz; 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes bei einheitlicher Umrechnung auf „Wert für 28° const.“ = 100						
		Versuchsbedingungen						
		28° const.	24° const.	37° const.	20° const.	24°: 16 Std. 37°: 8 Std.	28°: 7 Tage 20°: 7 Tage	28°: 3 Tage 20°: 4 Tage
Einzel- versuchsreihen	5...20	100	68	12	20	63	78	98
	11...15	100	—	37	—	61	—	99
	7...40	100	81	20	18	67	65	96
	8...30	100	68	9	47	67	186	126
	8...73	100	—	—	—	—	77	—
	31...105	100	83	19	61	87	131	123
Abgerundete Mittelwerte	5...20 (2 Versuchs- reihen)	100	70	25	20	60	80	100
	7...73 (3 Versuchs- reihen)	100	75	15	30	70	110	110
	31...105	100	80	20	60	90	130	120

zwischen liegende Tiere nehmen eine Mittelstellung ein. Eilarven zeigten bei etwa dreimonatiger Versuchsdauer Ergebnisse wie die jüngsten Larven, bei etwa sechsmonatiger Versuchszeit dagegen wie ältere Larven.

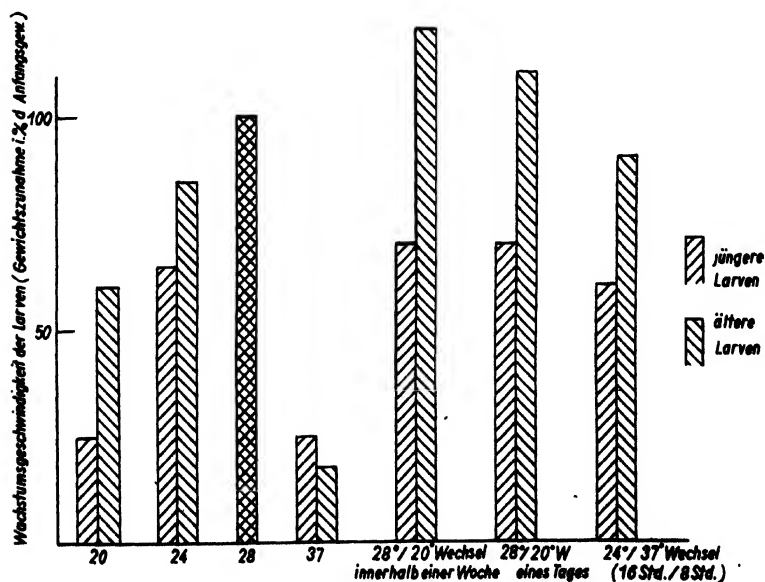


Abb. 5. Einfluß eines regelmäßigen Temperaturwechsels im Vergleich zu gleichbleibenden Wärmestufen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven

Während also jüngste Hausbocklarven durch gleichbleibende Wärme von 28° nicht nur nicht geschädigt werden, sondern ein Wärmewechsel für sie eine der Wärmesumme etwa entsprechende Herabsetzung der Gewichtszunahme zur Folge hat, führt umgekehrt bei etwas größeren Tieren eine regelmäßige zeitweilige Herabsetzung der Temperatur nicht nur nicht zu einer Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit, sondern sogar zu deren Erhöhung. Dabei ist es offenbar — soweit die üblicherweise stark streuenden Ergebnisse eine Beurteilung zulassen — nicht sehr wesentlich, ob das Zeitverhältnis von 28° — zu 20° — Aufenthalt wie 3 : 4 oder 7 : 7 oder 5 : 2 Tagen ist. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich bei den Versuchsreihen 28° : 20° für 2 : 5 und für 5 : 2 Tage sowie für 8/16 und für 16/8 Stunden. Für die Wachstumsgeschwindigkeit älterer Larven erwies sich ein Temperaturwechsel im Abstand von jeweils mehreren Tagen als günstiger als im Abstand von 8 und 16 Stunden. Bei Erniedrigung der Temperatur auf 20° lagen die durchschnittlichen Endgewichte der Larven im allgemeinen etwas höher als bei zeitweiliger Abkühlung auf $\sim 5^{\circ}\text{C}$. — Ein regelmäßiger Wechsel von 24° und 37° im Verhältnis von 8 zu 16 Stunden ergab in allen Fällen ein langsamerer Larvenwachstum als bei dauernd 28° .

Warum die Hausbocklarven von einer bestimmten Größe an bei Wärmewechsel rascher wachsen als bei dauernd optimaler Temperatur und warum sich die jüngsten Tiere anders verhalten, kann nicht eindeutig erklärt werden. Die Larven fressen nur während eines Teiles der Aufenthaltszeit im Holz. Wie die Versuche zeigen, reichen schon fast 20% der Zeit in optimaler Wärme dazu aus, etwa dasselbe Endgewicht zu erzielen wie bei dauernden günstigen Bedingungen. Ob die abwechselnde Temperaturerhöhung eine Reizwirkung zu stärkerem Nagen und Fressen verursacht oder gleichbleibende Wärme die Vitalität schädigt, muß dahingestellt bleiben. Für die Haltung der Tiere im Laboratorium sollte jedenfalls das ökologisch bemerkenswerte Ergebnis der Versuche beachtet werden.

Schließlich sei noch auf die Ergebnisse einer anderen Versuchsreihe hingewiesen, bei der neben der Temperatur auch die Feuchtigkeit geändert wurde. Eilarven wurden 10 Monate lang in Kiefernspiltholz bei folgenden Bedingungen gehalten:

1. dauernd bei 28° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit;
2. je 3 Wochen lang bei 28° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei 20° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit;
3. je 3 Wochen lang bei 28° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei 20° über Calciumchlorid (Salz);
4. je 3 Wochen lang bei 28° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei $\sim 5^{\circ}$ ohne Feuchtigkeitsregelung.

Das durchschnittliche Endgewicht der Larven nach 10 Monaten betrug bei 1. 21 mg, 2. 32 mg, 3. 22 mg, 4. 28 mg. Bei den wechselnden Bedingungen ist also sogar bei Herabsetzung der Holzfeuchtigkeit über trockenem Calciumchlorid neben der Temperatursenkung keine Verminderung des Endgewichtes zu beobachten; bei gleichbleibender bzw. bei $\sim 5^{\circ}$ etwas verminderter Holzfeuchtigkeit dagegen erreichten die

Tiere, wenn die Temperatur einmal im Monat für eine Woche lang herabgesetzt wurde, ein deutlich höheres Gewicht als bei dauernd optimaler Wärme. Das Ergebnis entspricht also den anderen Eilarvenversuchen mit längerer Laufzeit. Bei diesen Versuchen kommt jedoch als wesentliche Beobachtung hinzu, daß die (verhältnismäßig hohe) Sterblichkeit bei den Bedingungen 3. und 4. nur etwa halb so groß war wie bei 1. und 2. Offenbar wirkt sich also nicht nur ein Temperaturwechsel, sondern auch ein Wechsel der Feuchtigkeit auf die Larven günstig aus.

3. Temperaturgrenzen für das Larvenwachstum

Die vorliegenden Versuchsergebnisse lassen einige Schlüsse auf die Grenzen des Bereiches zu, in dem ein Wachstum der *Hylotrupes*-Larven möglich ist. Die Angaben beziehen sich allerdings nur auf eine einzige dauernd eingehaltene Feuchtigkeitsstufe von $\sim 97\%$ relativer Luftfeuchtigkeit.

Die untere Grenze für das Larvenwachstum liegt nach K. SCHUCH (1937 b, 1938) bei $10-12^\circ\text{C}$. Nach den Zahlenwerten in Tabelle 3, die zusammen mit anderen Ergebnissen in Abb. 4 verwertet sind, wachsen nicht nur junge Larven bei 20° im Vergleich zu günstigeren Temperaturen langsamer als ältere Tiere, sondern anscheinend liegt auch die Grenze für eine Gewichtszunahme bei kleinen Tieren etwas höher als bei großen. Extrapolation der hier vorliegenden Werte führt für ältere Larven zu der von K. SCHUCH angegebenen Grenze von $10-12^\circ$; das Wachstum der jüngsten Larven dürfte bereits bei $14-16^\circ$ aufhören.

Die obere Wachstumsgrenze ist offenbar für junge und alte Tiere nicht sehr verschieden; sie liegt bei 38°C . Wahrscheinlich hört bei kleinsten Larven die Gewichtszunahme bei etwas geringerer Temperatur auf als bei größeren. Die obere Grenze liegt — wie die Temperatur für die schnellste Entwicklung und die Vorzugstemperatur nach K. HERTER — bemerkenswert hoch.

Der geringere Umfang des Temperaturbereiches, in dem Wachstum stattfinden kann, bei jüngeren im Gegensatz zu älteren Tieren entspricht den Ergebnissen für Larven von *Anobium punctatum* de Geer (G. BECKER, 1942 c).

Unbekannt ist noch die Abhängigkeit der Wachstumsgrenzen (wie der optimalen Temperatur) von der Feuchtigkeit. Fraglich ist auch noch, ob Lebensalter oder Körpergewicht die unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Larven bedingen.

IV. Larvenwachstum bei höherer Holzfeuchtigkeit

Die Larven des Hausbockkäfers zeichnen sich vor allen übrigen einheimischen Holzschädlingen dadurch aus, daß die Grenze ihrer Lebensfähigkeit bei einem besonders niedrigen Feuchtigkeitswert liegt (K. SCHUCH, 1937 b, G. BECKER, 1943 b). Das Larvenwachstum hört nach K. SCHUCH erst bei einer dauernden relativen Luftfeuchtigkeit unterhalb etwa 45% , entsprechend etwa $9-10\%$ Holzfeuchtigkeit — anscheinend in Abhängigkeit von der Larvengröße bei etwas verschiedenen Werten — auf; am raschesten erfolgt es nach seinen

Untersuchungen bei gesättigter Luftfeuchtigkeit, bei der sich für Kiefernholz eine Holzfeuchtigkeit von ungefähr 27–28 % einstellt.

Das im Freiland verbaute Holz wird oft stärker vom Regen durchfeuchtet und dadurch für längere Zeit mehr oder weniger naß. Zur Beurteilung des Massenwechsels der Art im Freien und der Lebensmöglichkeit in stärker durchfeuchtetem Holz war es erforderlich, auch Holzfeuchtigkeitsstufen oberhalb der bei 27–28 % liegenden Fasersättigung zu berücksichtigen, zumal es sich zeigte, daß beispielsweise die günstigste Voraussetzung für das Wachstum mittelgroßer Mulmbocklarven (*Ergates faber* L.) bei etwa 60 % Holzfeuchtigkeit liegt und sehr nasses Holz von etwa 100 % Wassergehalt noch für Monate ertragen wird (G. BECKER, 1943 a).

Tabelle 4

Einfluß höherer Holzfeuchtigkeit oberhalb des Fasersättigungspunktes auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven (Kiefernspiltholz; 28° C; Versuchsdauer: 70 Tage).

Anfangsgewicht der Larven in mg	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Mittlere Holzfeuchtigkeit in % des Trockengewichts	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
			Versuchswert	„Wert bei 24 % Holzfeuchte“ = 100
12...90	4	~ 24	11,7	100
	5	27...28	21,7	185
	4	33...36	11,6	99
	3	42...47	28,6	245
	5	53...55	36,3	315
	8	57...61	23,0	196
12...107	10	~ 24	17,3	100
	4	27...28	27,7	160
	8	33...35	11,2	65
	7	43...46	23,1	134
	8	54...56	33,0	191
	4	62...64	18,3	106
14...110	6	80...82	4,8	28
	6	~ 24	21,1	100
	4	33...36	10,8	51
	4	44...46	19,0	90
	8	53...56	26,6	126
	6	62...67	10,1	48
40...51	6	78...82	4,8	23
	8	~ 24	103,6	100
	2	34...36	64,3	62
	2	43...46	80,5	78
	2	52...54	91,2	88
	8	60...62	92,8	90
15...100	2	77...80	36,1	35
	11	~ 24	44,3	100
	12	34...36	44,8	101
	9	45...50	44,2	99
	11	55...57	52,0	117

Für diese Versuche wurden Klötzchen aus Kiefernspiltholz bei 103° gedarrt, nach Erkalten im Exsikkator gewogen und während der Versuche in gleichmäßigen Zeitabständen so weit befeuchtet, daß sie die gewünschte Wassermenge enthielten. Da sie auf feuchtem Filterpapier in einer geschlossenen Glasschale lagen, veränderte sich ihre regelmäßig durch Wägung auf einer Schnellwaage bestimmte Feuchtigkeit wenig. Der infolge des Larvenfraßes entstehende Fehler bei der Feuchtigkeitsberechnung wurde, da er nur gering ist, nicht berücksichtigt.

Es erwies sich als zweckmäßig, die größeren Wassermengen erst nach 1–2 wöchigem Einbohren der Larven in das Holz einzubringen. Setzt man die Tiere sofort in nasses Holz, so bohren sie darin nicht oder schlecht weiter und gehen meist nach einiger Zeit ein. Erfolgte die Durchfeuchtung des Holzes erst später, so wurde diese hohe Sterblichkeit nicht beobachtet, und die Larven fraßen weiter.

Die Ergebnisse der Versuche mit meist von 10 zu 10% abgestufter Holzfeuchtigkeit sind in Tabelle 4 und in Abb. 6 zusammengestellt. Wiederum schwanken die Einzelwerte und die Mittelwerte der ver-

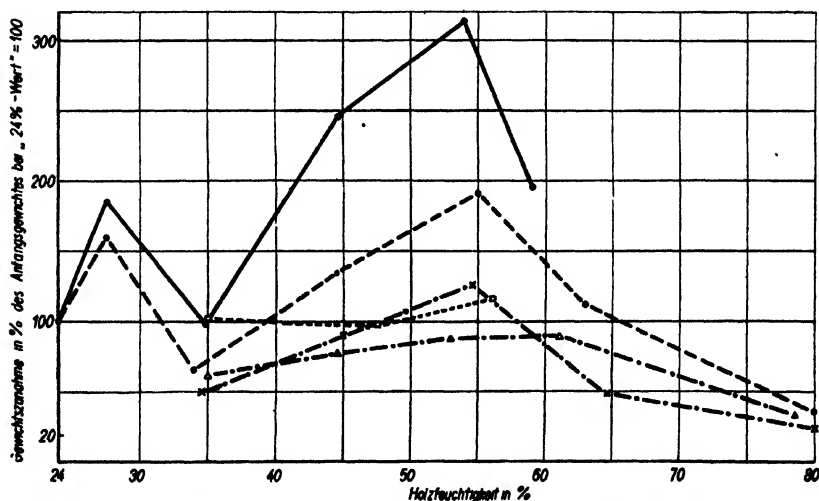


Abb. 6. Einfluß höherer Holzfeuchtigkeit oberhalb der Fasersättigung auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven

schiedenen Versuchsreihen. Einheitlich wiederholt sich aber bei allen Reihen, daß die Gewichtszunahme der Tiere oberhalb der Fasersättigung bei 28° C im Bereich von etwa 50–55% Holzfeuchtigkeit am größten ist. Faßt man alle Ergebnisse zusammen, so zeigt sich, daß im Bereiche von etwa 40 bis etwa 65% Holzfeuchtigkeit die durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven mindestens so groß wie oder größer als bei ungefähr 24% Holz-, d. h. bei 96–98% relativer Luftfeuchtigkeit ist. Oberhalb von etwa 65% Wassergehalt werden die Tiere in ihrem Wachstum gehemmt, doch entwickelt sich ein Teil von ihnen selbst bei dauernd 80% Holzfeuchtigkeit noch langsam weiter.

Auffallend ist die in sämtlichen Versuchsreihen auftretende verhältnismäßig geringe Gewichtszunahme der Larven bei rund 35 % Holzfeuchtigkeit. Ein Versuchsfehler bei den zu ganz verschiedener Zeit durchgeführten 5 Einzelreihen ließ sich nicht feststellen. Eine Holzfeuchtigkeit dicht oberhalb des Fasersättigungspunktes hatte eine geringere Gewichtszunahme als bei 27—28 % wie sogar bei 24 % Holzfeuchtigkeit zur Folge. Eine Erklärung für dieses merkwürdige Versuchsergebnis kann nicht gegeben werden. (Möglicherweise hängt es mit einer Umstellung des Wasserhaushaltes der Tiere oberhalb der Fasersättigung zusammen.)

Die große Sterblichkeit der Larven bei höherer Holzfeuchtigkeit könnte aber auch daran denken lassen, daß bei den hohen Stufen nur die gegen Feuchtigkeit (und gegebenenfalls dadurch bedingte Infektionen) widerstandsfähigsten Tiere überleben, während dicht oberhalb der Fasersättigung kränkelnde, aber noch lebende Tiere den mittleren Zahlenwert der Ergebnisse ungünstig beeinflussen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Hausbocklarven eine Durchfeuchtung des Holzes auch für längere Zeit ertragen, und in einem Holzfeuchtigkeitsbereich von etwa 50—55 % — soweit sie dabei nicht überhaupt krankeln und eingehen — noch etwas schneller wachsen als bei gesättigter Luftfeuchtigkeit. Ein Wassergehalt über 60 % wirkt sich auf die Dauer auf sämtliche Tiere sehr ungünstig aus. Eine zeitweilige Durchnässung des Holzes durch Regen, Aufwischwasser und anderes fördert also im allgemeinen die Hausbocklarvenentwicklung. In welcher Weise ein Wechsel der Holzfeuchtigkeit die Tiere beeinflusst, konnte (abgesehen von dem einen im vorhergehenden genannten Beispiel) nicht mehr untersucht werden. Dauernd hohe Holzfeuchtigkeit, die für zahlreiche Cerambyciden und andere Käfer Voraussetzung ihrer Entwicklung ist (s. z. B. G. BECKER, 1943 a, b) oder sie zumindest fördert, ist für *Hylotrupes* offenbar ungünstig.

Im Zusammenhang mit dem Verhalten der Hausbocklarven gegenüber der Holzfeuchtigkeit steht wohl die Frage, warum *Hylotrupes* im Laufe der letzten Jahrzehnte niemals mehr in Deutschland im Walde gefunden worden ist, während die Art doch in Telegraphenstangen, Zaunpfählen, Brückenhölzern und anderem im Freien verbauten Holz lebt. In Südafrika haben TOOKE und SCOTT (1944) den Hausbockkäfer, der in Kapstadt ebenso beachtliche Schäden in Gebäuden anrichtet wie in Europa, auch in den Nadelwäldern des Tafelberges gefunden. Die Larven fressen dort in toten Stämmen und abgestorbenen Ästen.

Hylotrupes bajulus ist offenbar ein Insekt, das nicht unter den ökologischen Bedingungen des Baumstumpfes zu leben vermag; sonst müßte die Art auch jetzt im deutschen Wald vorkommen. Beispiele für die ausgeprägten Besiedlungsgrenzen toten Buchenholzes durch „Stamm-insekten“ und „Stumpf-insekten“ hat W. DERKSEN (1941) in seinen Sukzessionsuntersuchungen im Strandwald der Ostseeküste gegeben. Auch im toten Buchenholz leben „typische“ Stammbewohner wie gewisse *Tremex*-Arten

niemals im Stumpf oder beim stehenden Stamm nie im Bereich der Bodenfeuchtigkeit. Im Vergleich zu diesem Beispiel geht aber *Hylotrupes* an Masten und Pfählen tiefer bis in Bodennähe hinab.

Die Laboratoriumsversuche über den Einfluß hoher Feuchtigkeit stehen mit den Beobachtungen über das natürliche Auftreten in guter Übereinstimmung, zeigen aber gleichzeitig hinsichtlich der oberen Grenze der zuträglichen Holzfeuchtigkeit, wie vorsichtig man sein muß, wenn man zur Beurteilung ökologischer Einflüsse die Ergebnisse verhältnismäßig kurzfristiger Laboratoriumsversuche auf die gesamte Larvenentwicklung einer Art zu übertragen versucht.

V. Einfluß der unterschiedlich bedingten Anfangsgröße auf das Larvenwachstum

Da die Wachstumsgeschwindigkeit der Hausbocklarven, insbesondere der Eilarven auch unter ganz gleichen Umweltbedingungen außerordentlich verschieden ist, wurden als Beitrag zur Klärung dieser Erscheinung einige Versuche über den Einfluß der Anfangsgröße der Larven, und zwar bedingt durch Eiggröße und Herkunft der Larven wie durch verschiedene Feuchtigkeit während der Embryonalentwicklung durchgeführt.

Besonders bei der Verwendung von Eilarven zur Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln sind Beschaffenheit, Wachstumsfähigkeit und Widerstandsvormögen zu beachten. Daneben hat vor allem die Untersuchung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung auf das spätere Wachstum allgemeinere biologische Bedeutung.

Tabelle 5

Larvenwachstum bei verschiedener Größe des mütterlichen Käfers und verschiedenem Eilarvengewicht. (Versuchsbedingungen: jeweils gleiches und gleich behandeltes Holz, 28°, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 170—180 Tage.)

Larvenfütterung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichts	Körperlänge des mütterl. Käfers in mm	Durchschnittliches Eilarvengewicht in mg	Anzahl Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende		
					kleinstes	größtes	durchschnittliches
Zusatz von 1 % Diastase(Schering)-Aufschwemmung zu Kiefernspiltholz	1,3	14	0,24	19	0,8	3,8	2,1
	1,2	15	0,20	26	1,2	3,1	1,9
	1,6	16	0,27	45	0,4	3,3	1,5
	1,3	17	0,25	69	0,4	2,4	1,0
	1,3	17	0,22	37	0,6	5,4	1,8
	1,2	19	0,25	8	0,6	1,0	0,8
Zusatz von 1 % Hefe-Aufschwemmung zu Kiefernspiltholz	1,1	13	0,24	35	0,9	13,9	5,8
	0,9	16	0,31	36	2,0	14,0	5,3
	0,9	17	0,23	17	1,2	5,4	2,2
	1,0	19	0,25	34	0,7	12,5	3,8
Zusatz von 1 % „Pepton 203“-Aufschwemmung zu Kiefernspiltholz	1,3	12	0,20	38	4,0	11,4	43,2
	1,3	15	0,19	4	36,6	68,6	53,4
	1,3	18	0,26	4	39,4	55,7	44,2
	1,4	19	0,34	2	117	137	127
	1,4	20	0,28	21	30,6	182	65,6

Tabelle 6

Larvengewicht bei verschiedenen Gelegen einzelner Käfer mit z. T. unterschiedlichem Eilarven-Gewicht. (Versuchsbedingungen: Gleiche Embryonal- und Larvenentwicklung bei 28° und ~97% rel. Luftfeuchtigkeit; jeweils einheitliches und gleichförmig behandeltes Holz; Versuchsdauer: 170–180 Tage.)

Körperlänge des mütterlichen Käfers in mm	Zugesetzter Stoff	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Eigelege vom	Durchschnittliches Eilarvengewicht in mg	Anzahl Larven bei Versuchs-ende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende		
						kleinstes	größtes	durchschnittliches
19	Kein Zusatz (Baumkante)	—	19. 7.	0,29	8	0,4	2,8	1,3
			20. 7.	0,28	6	0,7	4,1	1,8
			22. 7.	0,27	4	0,5	4,3	1,6
			28. 7.	0,24	5	0,6	3,9	1,4
14	Diastase (Sch.) 1%	1,8	27. 7.	0,24	15	1,2	3,8	2,3
			31. 7.	0,25	4	0,8	2,4	1,6
15	Diastase (Sch.) 1%	1,2	20. 7.	0,21	8	1,2	2,7	1,9
		1,3	21. 7.	0,20	16	1,2	3,1	1,9
16	Diastase (Sch.) 1%	1,6	9. 7.	0,29	19	0,8	2,9	1,5
			10. 7.	0,29	16	0,4	3,3	1,7
			13. 7.	0,23	5	0,9	1,9	1,2
			14. 7.	0,27	5	1,0	1,5	1,3
17	Diastase (Sch.) 1%	1,8	17. 7.	0,23	17	1,2	4,4	2,2
		1,8	20. 7.	0,20	10	0,6	2,9	1,5
		1,4	22. 7.	0,20	10	1,7	2,8	2,1
17	Diastase (Sch.) 1%	1,2	8. 7.	0,23	19	0,4	1,3	0,7
		1,2	9. 7.	0,23	17	0,4	0,9	0,7
		1,4	11. 7.	0,30	19	0,4	2,1	1,3
		1,8	15. 7.	0,22	14	0,7	2,4	1,2
19	Diastase (Sch.) 1%	1,2	1. 8.	0,27	4	0,6	1,0	0,8
			2. 8.	0,24	4	0,6	1,0	0,8
13	Hefe 1%	1,1	23. 7.	0,26	19	2,4	13,9	7,2
			24. 7.	0,26	5	0,9	6,8	4,4
			30. 7.	0,26	4	4,0	13,2	7,2
			31. 7.	0,25	9	1,0	12,8	5,5
16	Hefe 1%	1,1	13. 7.	0,33	11	2,0	8,3	4,0
			20. 7.	0,32	5	3,1	8,0	6,2
			20. 7.	0,31	5	4,2	7,9	6,3
			25. 7.	0,28	15	2,8	14,0	5,5
19	Hefe 1%	0,9	28. 7.	0,29	9	2,1	12,5	4,2
		0,9	29. 7.	0,28	5	1,6	2,8	2,1
		1,0	1. 8.	0,28	8	3,7	8,9	6,3
		1,0	6. 8.	0,21	9	1,1	6,7	2,8
		1,0	6. 8.	0,21	8	0,7	3,6	2,2
		1,0	6. 8.	0,21	8	0,7	3,6	2,2
12	„Pepton 208“ 1%	1,8	26. 7.	0,20	11	6,4	90,7	33,8
			26. 7.	0,19	6	4,0	28,4	20,6
			29. 7.	0,22	7	17,8	51,0	36,3
			30. 7.	0,20	8	26,0	80,6	57,8
			31. 7.	0,19	6	23,0	114	70,9
20	„Pepton 208“ 1%	1,4	7. 8.	0,24	9	43,0	90,8	58,2
			10. 8.	0,28	6	30,6	60,4	49,7
			12. 8.	0,31	6	58,6	182	110

1. Eigröße und Herkunft des Geleges

Die Eigröße und dementsprechend die Eilarvengröße sind nicht nur je nach der Größe des Weibchens etwas verschieden, sondern wechseln auch bei demselben Muttertier von Gelege zu Gelege ein wenig; im allgemeinen nehmen sie im Laufe der Zeit etwas ab.

Körperlänge der Käfer und mittleres Eilarvengewicht (als Durchschnittswert aus der Wägung möglichst zahlreicher Larven des Geleges) wurden bei den in Tabelle 5 zusammengestellten Versuchen in 3 Fütterungsreihen (Diastase-, Hefe-, „Pepton 203“-Zusatz) berücksichtigt. Das durchschnittliche Eilarvengewicht entspricht nicht immer der Körpergröße des mütterlichen Käfers. Das Endgewicht der Larven nach $1\frac{1}{2}$ jähriger Entwicklungsdauer bei optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen schwankt in recht weiten Grenzen zwischen 0,8 und 2,8 mg (Diastasezusatz), 2,2 und 5,8 mg (Hefezusatz) bzw. 43,2 und 65,6 mg („Pepton 203“-Zusatz). Eine Abhängigkeit dieses durchschnittlichen Endgewichtes von der Körperlänge des Weibchens oder dem mittleren Eilarvengewicht läßt sich nicht erkennen. Allein bei der Peptonserie mit starker Wachstumsbeschleunigung der Tiere wären die größten Eilarven des längsten Käfers nach 6 Monaten im Durchschnitt schwerer als die Nachkommen der übrigen Käfer. Sieht man von diesem einen Fall ab, so folgt aus den Versuchen, daß eine Abhängigkeit des mittleren Endgewichtes der Larven von der wechselnden Eigröße offenbar nicht besteht. Die Größe der einzelnen Tiere schwankt bei den Nachkommen des gleichen Weibchens wesentlich stärker als das durchschnittliche Larvengewicht bei verschiedenen Mutterkäfern.

Die Eier der ersten Gelege sind meist ein wenig größer als die der letzten, was bereits H. WEIDNER (1936) und P. STEINER (1937) angegeben haben. Auf das durchschnittliche (sowie das kleinste und größte) Larvenendgewicht (nach 6 Monaten) hat jedoch dieser Größenunterschied keinen Einfluß, wie die in Tabelle 6 zusammengestellten Ergebnisse über diese Frage zeigen. Vergleicht man die Durchschnittswerte für die einzelnen Gelege eines Weibchens mit denen anderer Tiere (bei gleicher Larvenernährung), so geben die vorliegenden, allgemein wiederum stark streuenden Zahlenwerte noch keinen statistisch gesicherten Hinweis dafür, inwieweit sich die Nachkommen verschiedener Weibchen in ihren Wachstumseigenschaften voneinander tatsächlich unterscheiden.

Tabelle 7

Einfluß der Anfangsgröße auf das Wachstum von Hausbock-Eilarven. (Embryonalentwicklung bei 28° und ~97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Larvenhaltung in Kiefernspinnholz mit 1 % Zusatz von „Pepton 203“ bei 28° und ~97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 112 Tage.)

Larven aus gleichem Eigelege von ♀	Eilarvengröße	Endgewicht der Larven in mg		
		kleinstes	größtes	durchschnittliches
253	größte Eilarven	2,9	35,1	13,0
	mittlere Größe	2,2	39,2	19,8
269	größte Eilarven	2,3	8,9	5,6
	kleinste Eilarven	2,0	7,5	5,8

Schließlich wurden noch von zwei Weibchen die auffallend größten Eilarven in Vergleich zu den Tieren mittlerer Größe bzw. den auffallend kleinsten Larven beobachtet. Nach rund 4monatiger Versuchsdauer unter günstigen Bedingungen waren, wie Tabelle 7 zeigt, sowohl kleinste und größte wie durchschnittliche Endgewichte (in einer für biologische Versuche mit verhältnismäßig geringer Versuchstierzahl bemerkenswerten Weise) gleich.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Larvengewicht nach einer bestimmten Versuchszeit weder von der Größe der Käfer, noch von der Größe der Eier und der Eilarven (bei gleichen Bedingungen während und nach der Embryonalentwicklung) abhängt, sondern allgemein sehr stark streut. Wo die Grenzen der natürlichen Schwankung der Werte liegen und wo eine erbliche Veranlagung — für das einzelne Tier wie für die Nachkommen eines Käferpaares — beginnt, ist an Hand dieser Versuche kaum mit Sicherheit zu beurteilen.

1. Umweltbedingungen während der Embryonalentwicklung

Neben der embryonalen Sterblichkeit wird auch die Anfangsgröße der Larven durch die Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung sehr beeinflusst, wie P. STEINER (1937) gezeigt hat. Die Bedeutung dieses Einflusses für die weitere Entwicklung ist nicht bekannt. Um dafür

Tabelle 8

Postembryonales Larvenwachstum von *Hylotrupes* nach Embryonalentwicklung bei optimaler und sehr ungünstiger Luftfeuchtigkeit. (Haltung der Larven in Kiefernspiltholz mit 1 % Zusatz von „Pepton 203“ bei 28° und ~97 % rel. Luftfeuchtigkeit.)

Eigelege von ♀	252		253	
% rel. Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung (bei 28°)	~ 97	~ 35	~ 97	~ 35
% postembryonale Sterblichkeit während des Versuches	27	17	25	11
Endgewicht der einzelnen überlebenden Larven nach 115 Tagen Versuchsdauer	2,5		2,2	
	7,8		2,9	
	11,0		4,2	
	14,1		8,7	18,7
	19,4		13,4	23,0
	24,0		33,7	24,2
	25,3	25,3	35,1	24,6
	32,0	29,7	38,4	26,2
	36,9	32,6	39,2	28,0
	41,1	38,2		28,7
	58,5	51,9		45,6
Durchschnittliches Endgewicht	24,8	35,5	19,8	27,4
Mittlere Streuung	16,5	10,3	14,0	5,1
Vergleichsrechnung	100	143	100	138

einen Anhalt zu gewinnen, wurden Eier aus jeweils gleichem Gelege bei 97—98 % und bei 32—35 % relativer Luftfeuchtigkeit und jeweils 28 °C zur Entwicklung gebracht und die verschiedenen Tiere danach unter denselben günstigen Ernährungs- und Klimaverhältnissen gehalten. Nach P. STEINERS Untersuchungen an einer größeren Tierzahl beträgt die durchschnittliche embryonale Sterblichkeit bei 90—100 % relativer Luftfeuchtigkeit und 26—31 °C 0—6 %, bei der geringen Feuchtigkeitsstufe 44—48 %.

Das in Tabelle 8 zusammengestellte Ergebnis ist zunächst überraschend: Das durchschnittliche Endgewicht der Larven nach rund 4monatiger Versuchsdauer ist bei den Tieren mit ungünstigen Bedingungen während der Embryonalzeit deutlich, und zwar um das fast 1½fache größer als bei den in hoher Luftfeuchte entwickelten Larven, und auch die postembryonale Sterblichkeit während des Versuches war bei den ersteren geringer als bei den letzteren. Das Verhältnis der Durchschnittswerte für die Larven mit günstiger und schlechter Embryonalentwicklung ist in beiden Versuchsreihen mit 100 : 143 und 100 : 138 praktisch gleich.

Dies Ergebnis konnte man keineswegs von vornherein erwarten, da die bei 32—35 % relativer Luftfeuchtigkeit überlebenden wenigen Larven viel kleiner und schwächer sind als die unter optimalen Feuchtigkeitsbedingungen geschlüpften Tiere und einen ausgesprochen geschädigten Eindruck machen. Nach P. STEINER ist das Gewichtsverhältnis der Eilarven bei den genannten Feuchtigkeitsstufen wie 1 : 0,8. Vergleicht man jedoch die Endgewichte der einzelnen überlebenden Larven beider Versuchsreihen, so zeigt sich, daß zwar die höchsten Endgewichte für beide Tiergruppen etwa gleich sind, das kleinste Gewicht dagegen jeweils sehr verschieden ist. Während bei den in Trockenheit entwickelten Larven das Endgewicht von 25—52 mg bzw. von 19—46 mg schwankt, streuen die Werte bei den unter optimalen Bedingungen entwickelten Tieren der gleichen Gelege von 2,5—59 mg bzw. von 2,2—39 mg. Von den letzteren Larvengruppen wiegt mehr als die Hälfte der Tiere weniger als die kleinste Larve der „Trockenheits“-Gruppe! Entsprechend ist die

Streuung $\sigma = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}}$ in einem Falle 17 bzw. 14, im anderen nur

10 bzw. 5. Die kleinen und schwachen Eilarven aus den in trockener Luft gehaltenen Eiern entwickeln sich also viel einheitlicher und im Gesamtdurchschnitt besser und sicherer als die größeren, kräftigen Tiere nach optimaler Embryonalentwicklung und geringer Sterblichkeit während dieser Zeit.

Aus diesen Versuchen folgt also: 1. bei ungünstigen Bedingungen während der Embryonalentwicklung und hoher Sterblichkeit in dieser Zeit fallen die sonst später am langsamsten wachsenden Tiere aus; 2. die Schädigung der *Hylotrupes*-Larven durch mangelnde Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung wirkt sich nicht auf das spätere End-

gewicht der Larven (nach 4monatiger Fraßdauer unter günstigen Klima- und Ernährungsverhältnissen) aus und die postembryonale Sterblichkeit ist geringer als bei günstigen Entwicklungsbedingungen; 3. ungünstige Umweltverhältnisse während der Embryonalzeit bewirken eine Larvenauslese hinsichtlich ihrer Vitalitätseigenschaften und sind dadurch ein geeignetes Mittel, die Streuung in einer Versuchstiergruppe wesentlich herabzusetzen.

VI. Schlüpfen, Wahlvermögen und Hungerfähigkeit der Eilarven

Es sei hier noch einmal auf die bereits früher (G. BECKER, 1941) erwähnte Erscheinung hingewiesen, daß die Eilarven des Hausbockkäfers — im Gegensatz zu zahlreichen anderen Cerambyciden, bei denen eine solche Beobachtung möglich war — beim Schlüpfen für gewöhnlich nicht ein Loch in die Eischale fressen und das Ei auf diesem Wege verlassen. Vielmehr reißt die sehr dünne Eischale meist infolge der Körperbewegungen des Tieres in der hinteren Hälfte des Eies in Längsrichtung auf, und die kleine Larve kriecht rückwärts aus der Eischale hervor. In diesem Zusammenhang erscheint erwähnenswert, daß die Cerambyciden mit Hefesymbionten im Darm sich mit diesen durch Auffressen der Eischalen oder eines Teiles von ihr einschließend der an der Oberfläche klebenden Sporen infizieren. Bei *Hylotrupes* fehlen derartige Symbionten.

Das Einbohren der Eilarven in das Holz dürfte für gewöhnlich in dem gleichen Spalt erfolgen, in den die Eier abgelegt wurden. Daß die Tiere auf ebener Unterlage zu weiten Wanderungen fähig sind und dabei von einer negativen Phototaxis geleitet werden, hat W. FINKENBRINK (1940) beschrieben.

Zur Feststellung, ob die Eilarven beim Einbohren in das Holz ein Wahlvermögen besitzen oder eine Geotaxis zeigen, wurden frisch geschlüpfte Tiere zwischen zwei übereinanderliegende, verschiedene Holzklötzchen mit gleichmäßig maschinenglatt gehobelter und mit Schmirgelpapier nachgeglätteter Oberfläche gebracht, die durch zwei schmale Pappstreifen von Larvendicke auseinandergehalten waren. Im Vergleich zu Kiefernspiltholz einer äußeren Lage im Stamm mit schmalen Jahrringen in 45°-Winkel zur Oberfläche wurden untersucht: Kiefernkerholz, Fichtenspiltholz, Pappel, Linde, Birke, Eschensplint, Buche und Weißschliffpappe von etwa gleicher Dichte wie Kiefernspiltholz (als besonders weiches Material) sowie entsprechendes Kiefernspiltholz nach Ätherextraktion, nach schwachem (1 Woche altem) Anstrich mit Pinen und mit 1% Zusatz von Pepton („Peptonum pro bacteriol. — Witte“).

Bekanntlich ist Kiefernkerholz kaum und sind Laubholzer in chemisch unverändertem Zustand (G. BECKER, 1942a, 1944b) nicht als Larvennahrung geeignet, wird der Nahrungswert des Holzes für die Larven durch Ätherextraktion und Peptonzusatz erhöht, durch Pinenzusatz vermindert (G. BECKER, 1942a), während Pinen für die eierlegenden Weibchen ein Leitgeruch ist (G. BECKER, 1944a).

Das Ergebnis der Versuche ist in Tabelle 9 zusammengestellt. Das Einbohren der Larven erfolgte entsprechend der stark ausgebildeten Thigmotaxis der Tiere zumeist neben den Pappstreifen, also dort, wo sie von drei Seiten einen Halt finden. Kiefernspiltholz wird Kernholz

Tabelle 9

Versuche über das Wahlvermögen von Hausbock-Eilarven beim Einbohren in Holz.

1. Versuch		2. (Umkehr-)Versuch	
Holzart bzw. Holzbehandlung	Zahl der eingebohrten Larven	Holzart bzw. Holzbehandlung	Zahl der eingebohrten Larven
Kiefernspilnholz	12	Kiefern kernholz	3
Kiefern kernholz	3	Kiefern spilnholz	12
Kiefern spilnholz	10	Fichtenspilnholz	0
Fichtenspilnholz	1	Kiefern spilnholz	12
Kiefern spilnholz	11	Pappel	0
Pappel	1	Kiefern spilnholz	8
Kiefern spilnholz	11	Linde	4
Linde	0	Kiefern spilnholz	8
Kiefern spilnholz	10	Birke	4
Birke	0	Kiefern spilnholz	1
Kiefern spilnholz	10	Esche	1
Esche	0	Kiefern spilnholz	13
Kiefern spilnholz	5	Buche	1 ¹⁾
Buche	3 ¹⁾	Kiefern spilnholz	7
Kiefern spilnholz	11	Weißschliffpappe	0
Weißschliffpappe	0	Kiefern spilnholz	12
Kiefern spilnholz	9	Kiefern splint, Ätherextraktion	7
Kiefern splint, Ätherextraktion	3	Kiefern spilnholz	3
Kiefern spilnholz	10	Kiefern splint mit Pinen-Anstrich ²⁾	1
Kiefern splint mit Pinen-Anstrich ²⁾	1	Kiefern spilnholz	10
Kiefern spilnholz	6	Kiefern spilnholz mit Pepton-Zusatz	5
Kiefern splint mit Pepton-Zusatz	6	Kiefern spilnholz	7

¹⁾ Larven nur halb eingebohrt.

²⁾ Versuch 1 Woche nach Anstrich.

bei weitem vorgezogen, noch ausgeprägter aber dem weicheren Fichtensplint. Die Laubhölzer werden allgemein gemieden, doch bohrte sich eine ganze Reihe von Tieren in das für sie tödliche Laubholz ein. Aus Weißschliffpappe hielten sich die Tiere fern. Die durch Ätherextraktion bedingte stoffliche Änderung des Holzes beeinflusste das Verhalten der Larven nicht, dagegen wurde Holz mit Pinenanstrich weitgehend verschmäht. Peptonzusatz schließlich blieb auf die Wahl der Tiere ohne Einfluß.

Die Larven verfügen also über ein gewisses Wahlvermögen beim Einbohren in das Holz, das sie Splintholz bevorzugen und Laubholz sowie stärker harzhaltige Stellen wohl im wesentlichen meiden läßt. Ob sie den für sie so entscheidenden Eiweißgehalt des Holzes (G. BECKER, 1942 a) wahrnehmen können, und was sie veranlaßt, in eiweißreichem Holz platzartig zu fressen, bleibt noch ungeklärt.

Eine Geotaxis ist bei den Eilarven offenbar nicht sehr ausgeprägt, doch scheinen die Tiere die Richtung nach oben zu bevorzugen, wie die Versuche mit Ätherextraktion, Linde und Birke andeuten. Bei älteren Larven ist eine deutliche negative Geotaxis vorhanden. Die in Tabelle 10

Tabelle 10

Fundstelle größerer Hausbocklarven (~ 20 bis ~ 200 mg) in 20 cm langen, verschieden aufgestellten Kantholz-Abschnitten nach halbjährigem Aufenthalt in Holz. (20°C , ~ 75 und $\sim 97\%$ rel. Luftfeuchtigkeit)

Aufstellung der Hölzer	Holz-Abschnitt Nr.	Anzahl gefundener Larven in einem Abstand von einer Hirnfläche der Abschnitte in cm von			
		0 bis 5	5 bis 10	10 bis 15	15 bis 20
Stammrichtung senkrecht	1	1	4	1	2
	2	4	4	0	1
	3	5	1	3	0
	4	5	1	2	0
	5	2	2	4	1
	6	8	0	2	0
	7	1	5	2	1
	8	5	1	0	2
Summe		31	18	14	7
Summe in % der Gesamtzahl		44	26	20	10
		70		30	
Stammrichtung waagrecht	9	0	3	3	2
	10	3	2	2	2
	11	2	3	2	2
	12	3	2	2	2
	Summe	8	10	9	8
Summe in % der Gesamtzahl		23	28	26	23
		51		49	

zusammengestellten, in anderem Zusammenhang ausgeführten Versuche zeigen, daß die Richtung nach oben beim Fraß der Tiere deutlich vorherrscht. Bei diesen Versuchen wurden die ~ 20 bis ~ 200 mg wiegenden Larven in 20 cm langen Kantholzabschnitten gehalten, die entweder auf

einer Hirnfläche stehend oder auf einer Seitenfläche liegend aufgestellt waren. Nach $\frac{1}{2}$ jährigem Aufenthalt der Larven in den Hölzern wurde festgestellt, wo sie sich befanden. Die meisten Tiere hielten sich in der oberen Hälfte der Balkenabschnitte auf.

Zur Auffindung geeigneter Nahrung befähigt die Eilarven nicht nur ihre Fortbewegungs-, sondern auch ihre Hungerfähigkeit. Der Vollständigkeit halber sei auf diese Eigenschaft und die vorliegenden Zahlenangaben (Tabelle 11) hingewiesen. Während die *Hylotrupes*-Eilarven bei

Tabelle 11

Hungerfähigkeit von Hausbock-Eilarven bei 20° und $\sim 75\%$ rel. Luftfeuchtigkeit nach Embryonalentwicklung bei 28° und $\sim 97\%$ rel. Luftfeuchtigkeit

Ei-Larvengewicht in mg	Lebensdauer der hungernden Larven in Tagen			
	kürzeste	längste	durchschnittlich	Gesamtdurchschnitt.
0,22	14	29	19,8	22
0,24	9	26	20,1	
0,26	15	24	20,2	
0,27	9	27	21,6	
0,27	14	34	22,5	
0,29	21	27	24,5	

20 °C durchschnittlich etwa 3 (bis 4) Wochen zu Hungern vermögen, sterben beispielsweise die Eilarven des Dusterbockes (*Asemum striatum* L.) und des Rothalsbockes (*Leptura rubra* L.) bereits nach wenigen Tagen ab, wenn sie ohne Nahrung bleiben. Auch hier zeigt sich also *Hylotrupes* als ein ungünstigen Umweltbedingungen gegenüber besonders widerstandfähiges und dementsprechend als Schädling gefährliches Tier.

VII. Wachstumsbeschleunigung durch geeignete Larven-ernährung

Die Frage der Wachstumsbeschleunigung der Hausbockkäferlarven mit ihrer unter natürlichen Verhältnissen jahrelangen Entwicklungsdauer ist nicht allein ernährungsphysiologisch und ökologisch von großem Interesse, sondern auch für die Aufgaben der Schutzmittelpfprüfung und damit der Bekämpfung des Schädlings bedeutungsvoll. Denn eine rasche Aufzucht der Versuchstiere aus leicht beschaffbaren Eilarven erspart das sehr langwierige Herausspalten der Tiere aus befallenen Holz. Unter bekannten und festgelegten Bedingungen hat man dann auch das Wachstum der Larven sicher in der Hand und einheitliche Voraussetzungen für den Zustand des Tiermaterials. — Darüber hinaus kann der im übrigen weitgehend untersuchte Schädling durch eine gute Züchtbarkeit und eine Beschleunigung der Generationenfolge auch zu einem für allgemeine biologische Aufgaben und Fragestellungen nützlichen Laboratoriumstier werden.

I. Bisherige Versuchsergebnisse

Unter den Stoffen in der natürlichen Nahrung der Larven sind Kohlenhydrate ausreichend und im Überfluß vorhanden; ein Zusatz von Zucker verschiedener Art ist schädlich. Fette und Öle können (trotz kräftiger Lipase im Larvendarm) nicht nur entbehrt werden, sondern wirken als Zusatz wachstumshemmend, während durch ihre Entfernung

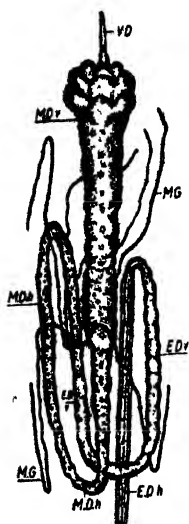


Abb. 7.
Darm der Häusbocklarve
(Zeichenerklärung im Text)

(zugleich mit der Herauslösung der Harzstoffe) die Entwicklung beschleunigt wird. Eiweiß dagegen ist die entscheidende Stoffgruppe, deren Entfernung oder Verminderung die Larvenentwicklung verhindert oder verlangsamt, deren Zusatz aber das Wachstum erheblich steigert (G. BECKER, 1938, 1942 a). Die Verdauung der Kohlenhydrate und die Fettspeicherung erfolgt in der Hauptsache im stark erweiterten vorderen Teil des Mitteldarmes (Abb. 7, M.D.v.) bei schwach saurem pH, während die Eiweißstoffe besonders im zweiten, dünneren, drüsenreichen Teil des Mitteldarmes (M.D.h.) bei schwach alkalischer Reaktion vor sich geht. Dipeptidase liefern auch die 6 Malpighischen Gefäße (E. SCHLOTTKE und G. BECKER, 1942¹⁾).

Die starke Abhängigkeit der symbiontenlosen *Hylotrupes*-Larven vom Eiweißgehalt der Nahrung im Gegensatz zu dem Verhalten gewisser anderer symbiontenhaltiger Cerambyciden (G. BECKER, 1942 a, 1943 b) läßt nach den Ergebnissen von H. SCHANDLER (1942) über die Stickstoffbindung aus der Luft durch die *Rhagum*-Symbionten ebenso wie bei den Anobien (G. BECKER, 1942 c), den Rindenläusen (E. MICHEL, 1942) und anderen Aphiden (L. TÓTH, A. WOLSKY und A. BÁTORY, 1943), ferner nach den Ergebnissen an Termiten (W. GOETSCH, L. TÓTH und K. OFFHAUS, 1944), also nach einer ganzen Reihe neuerer Untersuchungen, auf eine wesentliche Beteiligung der Symbionten gewisser pflanzenfressender, insbesondere auch holzfressender Tiergruppen am Eiweißstoffwechsel im Sinne früherer, später zum Teil wieder fallengelassener Vermutungen von P. BUCHNER (1921), E. HEITZ (1927) und A. KOCH (1936) schließen.

Unter den bisher geprüften Eiweißstoffen hatten sich verschiedene Peptonpräparate der Firma F. Witte, Rostock, bei Verfütterung an verschieden große Larven besonders ausgezeichnet. Sie hatten einen stärkeren Wachstumserfolg gehabt als einzelne Aminosäuren (G. BECKER, 1942 a). Während Diastase bei halbwüchsigen Tieren weniger gut wirkte als die meisten Peptonpräparate, hatte K. GÖSSWALD (1939) damit bei Aufzucht von Eilarven ein schnelleres Wachstum als durch ein nicht näher bezeichnetes Peptonpräparat erhalten. Die wachstumsbeschleunigende Wirkung durch Zusatz verschiedener Aminosäuren (und verschiedener eiweißhaltiger Substanzen) ist sehr unterschiedlich (G. BECKER, 1942 a). Bemerkenswert war dabei die Feststellung, daß jüngste und ältere Larven bei Zusatz einzelner Aminosäuren ganz verschieden rasch wachsen.

2. Der wirksamste Eiweißzusatz zum Holz

Unter Berücksichtigung der früheren Untersuchungen wurden für diese Versuche sowohl Eilarven als auch ältere Tiere verschiedener Größe verwendet. Die

¹⁾ Bei dem in der 1942 erschienenen Arbeit fälschlich als „Kropf“ bezeichneten Darmabschnitt handelt es sich um den vorderen Mitteldarmabschnitt. Der Vorderdarm (V.D.) ist nur sehr kurz. (Vgl. auch die Berichtigung bei E. SCHLOTTKE, 1945.)

letzteren wurden nach ihrem Gewicht in einzelne Gruppen verschiedener Anfangsgröße zusammengefaßt. Die seinerzeit (G. BECKER, 1942 a) unter allgemeinerer Fragestellung in nur einer Versuchsreihe geprüften Peptonpräparate wurden genauer untersucht; Diastase (Schering) wurde allein bei den Eilarvenversuchen benutzt.

Die Ergebnisse der wichtigsten Versuchsreihen sind in den Tabellen 12 bis 14 zusammengestellt. Der wachstumsbeschleunigende Einfluß der einzelnen Peptonpräparate ist sehr unterschiedlich. Eilarven wuchsen im Durchschnitt in 4 Monaten um das 3—35fache schneller als die Vergleichstiere in unbehandeltem Kiefernspiltholz, ältere Larven nur um das 3—25fache. Unter Beachtung der Schwankungsbreite der Ergebnisse und der zum Teil nur geringen Versuchstierzahlen bei einzelnen Reihen kann man folgendes feststellen: Gegenüber Eilarven erwiesen sich „Pepton 203“, „Peptonum e caseino“, „Milchpepton“ und „Peptonum

Tabelle 12

Wachstumsbeschleunigung von Hausbock-Eilarven durch Zusatz verschiedener Peptonpräparate (und vergleichsweise Diastase) zu Kiefernspiltholz. (Versuchsbedingungen: 28°, ~ 97% rel. Luftfeuchtigkeit.)

Zusatzstoff	% Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Versuchsdauer in Tagen	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende			Durchschnittliches Larvengewicht bei „Vergleichswert“ = 1,0 ^u
					kleinstes	größtes	durchschnittliches	
„Pepton 203“ . . .	2	~ 1,9	112	5	19,0	51,1	30,2	49
„Pept. e caseino“ . .	2	~ 1,9	112	4	9,2	50,3	22,3	36
„Pept. e caseino“ . .	1	~ 1,2	112	4	12,6	38,6	21,6	35
„Milch-Pepton“ . . .	1	~ 1,2	112	5	8,8	39,7	22,5	36
„Pepton 43“ . . .	1	~ 1,2	112	5	6,4	29,5	16,2	26
„Pepton 204“ . . .	1	~ 1,2	112	4	4,5	10,0	7,4	12
„Pept. pro bacteriol.“	1	~ 1,2	112	5	1,4	6,4	3,2	5
„Pept. e sanguine“ . .	1	~ 1,2	112	4	0,6	9,0	1,6	3
Diastase (Schering) .	1	~ 1,2	112	3	0,8	5,8	3,4	5
Diastase (Schering) .	2	~ 1,8	112	5	2,0	4,3	2,9	5
Vergleichsversuch . .	—	—	112	4	0,5	0,8	0,62	1
„Pept. e caseino“ . .	1	~ 1,2	112	4	12,6	41,0	25,6	21
„Pept. e carne“ . . .	1	~ 1,2	112	3	15,4	29,6	18,6	16
Vergleichsversuch . .	—	—	112	5	0,7	2,0	1,2	1
„Pept. e caseino“ . .	1	~ 1,2	170	4	10,6	27,6	16,2	—
„Pept. e carne“ . . .	1	~ 1,2	170	2	10,4	21,7	15,8	—
Diastase (Schering) .	1	~ 1,2	170	7	1,6	2,5	2,2	—

Tabelle 13

Wachstumsbeschleunigung von Hausbocklarven durch Zusatz verschiedener Pepton-Präparate zu Kiefernplintholz. (Versuchsbedingungen: 28°, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit.)

Pepton-Zusatz (je 1 Prozent.)	Aufgenommene Menge in % des Holzge- wichtes	Versuchs- dauer in Tagen	Anzahl der Larven bei Versuchs- ende	Anfangs- gewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
					Versuchs- wert	bei „Ver- gleichswert = 10“
„Pept. e caseino“ . .	0,9	56	3	9... 16	660	142
„Pept. a carne“ . . .	0,9	56	3	8... 28	379	82
„Milch-Pepton“ . . .	0,9	56	6	10... 28	376	81
„Pepton 204“ . . .	0,9	56	5	10 .. 26	367	79
„Pepton 203“ . . .	0,9	56	4	10 .. 18	339	73
„Pepton 42“ . . .	0,9	56	3	10... 18	302	65
„Pepton 43“ . . .	0,9	56	3	10... 21	273	59
„Pept. pro bacteriol.“	0,9	56	10	11... 27	223	48
„Pept. e sanguine“ . .	0,9	56	6	10 .. 29	195	42
Vergleichsversuch . .	—	56	5	10... 23	46	10
„Pept. e caseino“ . .	0,9	56	4	30... 67	269	96
„Pepton 204“ . . .	0,9	56	4	30... 52	229	82
„Pept. e carne“ . . .	0,9	56	4	30... 63	198	71
„Milch-Pepton“ . . .	0,9	56	3	36... 48	189	67
„Pept. pro bacteriol.“	0,9	56	7	38... 74	166	59
„Pept. e sanguine“ . .	0,9	56	3	31... 66	145	52
„Pepton 43“ . . .	0,9	56	1	42	142	51
„Pepton 42“ . . .	0,9	56	3	34 .. 52	141	50
Vergleichsversuch . .	—	56	5	30... 57	28	10
„Pept. e caseino“ . .	1,7	70	5	10... 14	1205	84
„Pepton 203“ . . .	1,7	70	4	10... 14	1150	80
„Pepton 204“ . . .	1,7	70	5	10... 14	647	45
Vergleichsversuch . .	—	70	5	10... 14	143	10
„Pept. e caseino“ . .	1,7	70	5	64...164	750	260
„Pepton 203“ . . .	1,7	70	5	60...129	164	57
„Pepton 204“ . . .	1,7	70	4	62...142	74	25
Vergleichsversuch . .	—	70	5	66...162	29	10

e carne“ als die günstigsten, „Peptonum Witte pro bacteriol.“ und „Peptonum e sanguine“ als die am wenigsten förderlichen Präparate. „Diaspept“ (Schering) entsprach den beiden ungünstigsten Peptonen.

Tabelle 14

Reihenfolge verschiedener Peptonpräparate hinsichtlich ihrer wachstumsbeschleunigenden Wirkung auf verschieden große Hausbocklarven nach den in Tabelle 12 und 13 zusammengestellten Ergebnissen. (Larvengewicht bei Versuchsbeginn)

Eilarven	10...29 mg	30.. 70 (...170)
203	cas.	cas.
cas.	carn.	carn.
Milch	Milch	Milch
carn.	203	203
43	204	204
204	42	bact.
bact.	43	sang.
sang.	bact.	43
	sang.	42

Nach früheren Untersuchungen hatte das Diastasepräparat von E. MERCK eine bessere wachstumsfördernde Wirkung gehabt. Junge Larven von 10—29 mg Anfangsgewicht wuchsen bei Zusatz von „Pept. e caseino“ am raschesten. Es folgen (nach den Ergebnissen mehrerer Versuchsreihen) „Pept. e carne“, „Milchpepton“ und „Pepton 203“. Wiederum sind „Pept. pro bacteriol.“ und „Pept. e sanguine“ am schlechtesten wirksam. Gegenüber etwas größeren Tieren von 30—70 bzw. bis 170 mg Anfangsgewicht bleibt die Reihenfolge zu Anfang die gleiche; am wenigsten wirksam waren hier jedoch „Pepton 43“ und „Pepton 42“.

Die Larvenentwicklung wird also am meisten durch „Casein-Pepton“, „Fleisch-Pepton“, „Milch-Pepton“ und „Pepton 203“ gefördert. Die Tiere verhalten sich aber den einzelnen Pepton-Präparaten gegenüber in verschiedenem Alter durchaus unterschiedlich. Während z. B. „Pepton 203“ für Eilarven offenbar etwas günstiger ist als „Peptonum e caseino“, für Larven von 10—29 mg Anfangsgewicht nur etwas weniger wirksam als dieses, ist für Larven von größerem Anfangsgewicht als 30 mg „Peptonum e caseino“ weit überlegen. „Pepton 43“ und anscheinend auch „Pepton 42“ rücken mit zunehmender Larvengröße an einen schlechteren Platz in der Bewertung. Umgekehrt scheinen „Pepton. pro bacteriol.“ und „Peptonum e sanguine“ zwei Präparate zu sein, deren „relativer“ Wirkungsgrad mit zunehmender Larvengröße steigt.

Eine Erklärung für die verschiedene Wirksamkeit der Peptonpräparate zu finden, ist naturgemäß ohne weiteres nicht möglich, handelt es sich doch um außerordentlich komplexe Stoffe mit Gehalt an verschiedenen Verbindungen mit Stoffeigenschaften neben den bekannten Aminosäuren sowie um mannigfache Zusammensetzungen von Eiweißabbauketten usw. Betrachtet man den Aminosäurenstickstoffgehalt der untersuchten Präparate (Tabelle 15), so fällt immerhin auf, daß sich die drei am wenigsten fermentativ abgebauten Peptone („Milchpepton“, „Peptonum e caseino“ und „Pepton 203“) als wachstumsfördernde Zusatzstoffe besonders ausgezeichnet haben, während die am stärksten ab-

Tabelle 15

Aminosäurestickstoffgehalt nach SÖRENSEN bei verschiedenen Pepton-Präparaten (nach Angaben der Firma Friedrich Witte, Rostock)

Präparat	Aminosäure- stickstoffgehalt in o/ o	Abbauf orm des Peptons
„Milch-Pepton“ ¹⁾	0,98	peptisch abgebaut
„Pept. e caseino“	2,04	„ „
„Pepton 203“	2,16	„ „
„Pept. pro bacteriol.“	2,47	„ „
„Pept. e sanguine“	2,50	„ „
„Pept. e carne“	2,54	„ „
„Pepton 42“	2,78	„ „
„Pepton 43“	3,70	peptisch und tryptisch abgebaut
„Pepton 204“	3,81	„ „

gebauten („Pepton 42“ und die auch tryptisch beeinflussten Präparate „Pepton 43“ und „Pepton 204“) viel schlechter auf die *Hylotrupes*-Larven wirkten. „Pept. e carne“ bleibt dabei eine Ausnahme. Die ungünstigere Wirkung von „Pept. pro bacteriol.“ könnte vielleicht auf den gerade diesem Präparat eigenen hohen Gehalt an Cystin zurückzuführen sein, das besonders auf Eilarven ungünstig wirkt (G. BECKER, 1942 a).

Das unterschiedliche Verhalten verschieden großer Larven schließlich bestätigt durchaus die früheren Feststellungen (1942), daß einzelne Aminosäuren den Eilarven besonders förderlich sind, andere gerade das Wachstum älterer Tiere beschleunigen, daß Eilarven bei Diastasezusatz (E. MERCK) besser wachsen als bei Zusatz von „Pept. pro bacteriol.“, ältere Larven dagegen bei Peptonfütterung schneller an Gewicht zunehmen als bei Diastasezusatz. Gerade das hier vorliegende Ergebnis über die Wirkung von „Pept. pro bacteriol.“ ist in diesem Zusammenhang sehr aufschlußreich, und das Verhalten von „Pepton 203“ läßt sich mit dem von Diastase vergleichen. Der scheinbare Widerspruch zwischen den Ergebnissen von K. GÖSSWALD (1939) und den eigenen (1938, 1942 a) ist somit aufgeklärt.

Ob für die unterschiedliche Wirkung der komplexen Eiweißpräparate auf jüngste und ältere Larven der Gehalt an bestimmten, für die einzelnen Entwicklungsstufen besonders günstigen (oder auch ungünstigen) Aminosäuren allein entscheidend ist, ob eine bestimmte Abbauf orm der Proteinverbindungen von Bedeutung ist oder besondere „Wirkstoffe“ eine Rolle spielen, muß dahingestellt bleiben. Das unterschiedliche Bedürfnis der einzelnen Entwicklungsstufen der *Hylotrupes*-Larven an Eiweißstoffen, insbesondere auch an bestimmten Aminosäuren, bzw. ihre Wachstumsreaktion darauf, erscheint jedenfalls der Beachtung wert.

Zur möglichst raschen Aufzucht von Hausbocklarven empfiehlt sich „Peptonum e caseino“ der Firma F. Witte, Rostock, das für alle Larvengrößen sehr günstig ist. Es ist ferner leicht löslich und gut in Pulverform haltbar, während „Milchpepton“ und „Pept. e carne“ leichter zur

¹⁾ mit Milchzuckergehalt.

Feuchtigkeitsaufnahme und zum Verkleben und Verhärten zu neigen scheinen. „Pepton 203“ ist für Eilarvenaufzucht sehr geeignet; sobald die Tiere jedoch etwas herangewachsen sind, ist es dem „Casein-Pepton“ an Wirkung unterlegen.

Durch einen geringen Zusatz von Glucose (0,2 %) bei Tränkung des Holzes mit Pepton kann man die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven nicht noch mehr steigern. Die Larven sind — wohl weil Kohlenhydrate in ihrer Nahrung im Überfluß vorhanden sind und sie selbst reichlich über Karbohydrasen in ihrem Darm verfügen (E. SCHLOTTKE und G. BECKER, 1942), Eiweiß aber zu wenig vorhanden ist — einem Zusatz von leichtverdaulichen Kohlenhydraten gegenüber so empfindlich, daß dieser sogar bei hinreichender Anwesenheit von Eiweißstoffen stört.

Tabelle 16

Einfluß von Glucose, Hefe und Vitamin B₁ neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernspilnholz, 28°, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

Zugesetzte Stoffe	‰-Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in ‰ des Holzgewichtes	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in ‰ des Anfangsgewichtes	
					Versuchswert	bei „Vergleichswert“ = 100%
Vergleichsversuch	—	—	6	20...77	80	100
„Pepton 203“	—	2,3	6	19...75	572	720
„Pepton 203“	1	1,1	7	18...73	462	580
„Pepton 203“ + Glucose	0,2	1,4	4	20...81	347	435
Hefe	5	†	5	23...96	198	240
„Pepton 203“ + Glucose + Hefe	1—0,2 5	†	5	21...91	243	305
Vergleichsversuch	—	—	10	6...58	105	100
Hefe	1	—	9	5...46	223	210
„Pept. e caseino“	1	1,4	9	5...37	1082	1030
„Pept. e caseino“ + Hefe	1 1	†	10	5...41	1219	1165
Vergleichsversuch	—	—	10	5...58	105	100
Vitamin B ₁	0,001	0,0014	10	5...48	106	101
„Pept. e caseino“	1	1,4	9	5...37	1082	1030
„Pept. e caseino“ + Vitamin B ₁	1 0,001	1,4	10	5...52	1287	1230

Die in Tabelle 16 angegebenen Werte, die als ein Beispiel für die in verschiedenen Versuchsreihen stets bestätigte Erscheinung dienen sollen, zeigen, daß ein Zusatz von 1 % Pepton + 0,2 % Glucose zum Holz (aufgenommene Menge = 1,4 % des Holzgewichtes) eine deutlich geringere Wachstumsbeschleunigung zur Folge hat als 1 % Peptonzusatz allein. Erhöhung des Peptonzusatzes allerdings beschleunigt das Larvenwachstum weiter (s. Tabelle 16) bis zu einer bestimmten optimalen Eiweißmenge (G. BECKER, 1942), die für die einzelnen Eiweißpräparate und etwas für junge und alte Larven verschieden ist.

3. Der Einfluß von Hefe und Vitamin B

Hefezusatz fördert das Larvenwachstum sehr vieler Insekten mit verschiedenartigster Ernährungsweise. Unter den Vitaminen scheint die B-Gruppe für Insekten die wichtigste zu sein. (Von einer Nennung des recht umfangreichen Schrifttums für beide Fälle sei hier abgesehen.) Daher wurde schließlich noch der Wert von Hefe und der Vitamine B₁ und B₂ für die Larvenentwicklung von *Hylotrupes* geprüft.

Es wurde Brauereihefe in Form einer 1 % oder 5 %-Aufschwemmung in 0,2 % Glucoselösung verwendet; die Kultur wurde nach 3tägiger Entwicklungszeit bei 28° C benutzt. Als Vitaminzugabe dienten kristallisiertes Aneurin („Betabion“ von E. Merck) und Lactoflavinlösung („Laktoflavin“ von Bayer). Um auch die Wachstumsverhältnisse der Larven bei hinreichender Eiweißnahrung zu berücksichtigen, wurden der Hefe- und der Vitaminzusatz vergleichsweise zusammen mit 1 % Peptonaufschwemmung gegeben. Die meisten Vitaminkonzentrationen wurden dem Holz nach Vorversuchen sogar nur zusammen mit Pepton zugesetzt, da es bei dieser Untersuchung nicht so sehr darauf ankam, die Bedeutung der beiden B-Vitamine quantitativ zu erfassen, als vor allem die Möglichkeit einer weiteren Wachstumsbeschleunigung durch sie zu prüfen.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 16—18 zusammengestellt. Hefezusatz allein beschleunigt das Wachstum sowohl von Eilarven wie von größeren Tieren, jedoch nur um durchschnittlich das Dreifache gegenüber den Vergleichstieren in unbehandeltem Holz. Als Zusatz zu Pepton steigerte die Hefe die Entwicklungsbeschleunigung der Eilarven noch etwas gegenüber den alleinigen Verwendung von Pepton. (Dies könnte lediglich durch die weitere Vermehrung des Eiweißgehaltes im Holz bedingt sein.)

Aneurin erhöhte zusammen mit Pepton in einem eng begrenzten, niedrigen Konzentrationsbereich die Wachstumsgeschwindigkeit der *Hylotrupes*-Larven etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz (Tabelle 18, Abb. 8). Am günstigsten war die Anwendung von 0,0005 % Aneurinlösung. Dem entspricht unter den vorliegenden Verhältnissen ein Vitamin-B₁-Zusatz von 0,00065 % des Holzgewichtes. Oberhalb von etwa 0,001 % Aneurin je Holzgewicht verringert sich die wachstumsfördernde Wirkung, und von ungefähr 0,0017 % an ist ein schädigender Einfluß des Vitamin-B₁-Zusatzes zu beobachten. Aneurin (0,001 % Lösung) zu Kiefernspintholz ohne gleichzeitige Peptonzugabe bewirkte bei Eilarven und größeren Tieren keine Beschleunigung des Larvenwachstums gegenüber dem mit destilliertem Wasser allein entsprechend behandelten Vergleichsholz.

Lactoflavin begünstigte das Larvenwachstum etwas mehr als Aneurin (Tabelle 18, Abb. 8). Im Gegensatz zu B₁ ist der mengenmäßige Bereich, in dem eine Förderung stattfindet, bedeutend größer, und eine

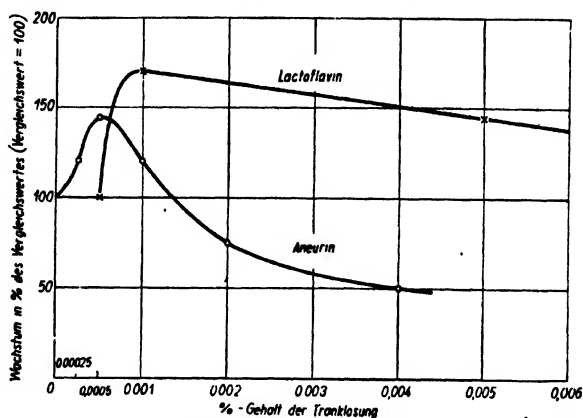


Abb. 8. Einfluß des Zusatzes von Vitamin B₁ (Aneurin, krist.) und Vitamin B₂ (flüss. Lactoflavin-Präparat) auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbock-Larven (Versuchsbedingungen: Kiefernspiltholz mit 1% Peptonzusatz, 28° C, ~ 97% relative Luftfeuchtigkeit, 70 Tage Versuchsdauer)

Tabelle 17

Einfluß von Hefe und Vitamin B₁ (Aneurin) neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbock-Eilarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernspiltholz, 28°, ~97% rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 110 Tage.)

Zugesetzte Stoffe	% Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Anzahl der Larven bei Versuchs-ende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende			Durchschnittl. Larvengewicht bei „Vergleichs-wert“ = 1,0 ^u
				kleinstes	größtes	durchschnittl.	
Vergleichsversuch . .	—	—	3	0,8	1,7	1,2	1
„Pepton 203“	1	—	3	11,4	35,6	20,2	17
+ Glucose	0,2	1,4	3	7,4	36,0	20,7	17
„Pepton 203“ + Glucose	1—0,2	—	3	7,4	36,0	20,7	17
+ Hefe	5	—	3	7,4	36,0	20,7	17
Vergleichsversuch . .	—	—	9	1,0	3,3	1,7	1
Hefe	1	—	10	2,8	6,5	5,9	4
Vitamin B ₁	0,001	0,0014	4	0,7	3,1	1,4	1
„Pept. e caseino“ . .	1	1,4	7	21,0	53,0	37,6	23
„Pept. e caseino“ . .	1	—	5	75,9	122,6	63,2	37
+ Hefe	1	—	5	75,9	122,6	63,2	37
„Pept. e caseino“	1	1,4	6	48,5	68,4	46,7	28
+ Vitamin B ₁ . . .	0,001	—	6	48,5	68,4	46,7	28

Tabelle 18

Einfluß von Aneurin (Vitamin B₁) und Lactoflavin (Vitamin B₂) neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernplintholz mit Zusatz von „Peptonum e caseino“ in $\sim 1,4\%$ des Holzgewichtes, 28° C, $\sim 97\%$ relative Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer 70 Tage.)

Peptonzusatz zum Holz	Vitamin-zusatz	% - Gehalt der Tränklösung an Vitamin	Anzahl der Larven bei Versuchs-ende	Anfangs-gewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichts-zunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
					Versuchswert	bei „Vergleichswert“ = 100%
—	—	—	10	6... 58	105	100
—	Aneurin	0,001	10	5... 48	106	101
„Peptonum e caseino“ (1 % Zusatz zur Tränklösung)	—	—	5	23... 85	163	100
	Aneurin	0,00025	4	24... 87	195	120
	„	0,0005	6	24... 88	235	144
	—	—	9	Eilarven	1203	100
	Aneurin	0,001	8	„	1468	122
	—	—	9	5... 37	1082	100
	Aneurin	0,001	10	5... 52	1287	119
	—	—	7	80... 92	152	100
	Aneurin	0,002	8	28... 94	114	75
	„	0,004	7	81... 90	78	51
—	—	—	6	16... 50	44	100
—	Lactoflavin	0,001	5	16... 48	39	89
„Peptonum e caseino“ (1 % Zusatz zur Tränklösung)	—	—	5	9... 48	453	100
	Lactoflavin	0,00025	4	13... 48	417	92
	„	0,0005	6	13... 45	445	98
	—	—	5	94... 268	51	100
	Lactoflavin	0,001	5	108... 273	87	171
	„	0,005	5	128... 309	74	145
	„	0,01	5	142... 314	64	125

Schädigung durch Hypervitaminose ist sogar bei der zehnfachen Konzentration der optimalen Dosis noch nicht zu beobachten. Diese liegt bei ungefähr 0,001 % des Lactoflavinpräparates je Holzgewicht. Aber auch in diesem Bereich wird die Gewichtszunahme der Larven gegenüber alleinigem Peptonzusatz noch nicht verdoppelt. — Das Ergebnis, daß Vitamin B₂ günstiger wirkt als B₁ steht in Übereinstimmung mit den Beobachtungen an anderen Insekten. (Vgl. z. B. A. HERFS, 1936, A. FRÖBRICH, 1939, K. OFFHAUS, 1939, und andere.) Im einzelnen soll darauf aber nicht eingegangen werden, da bei *Hylotrupes* in den Kontrollversuchen keine vitaminfreie Nahrung verwendet wurde, ein unmittelbarer Vergleich mit anderen Versuchen also nicht möglich ist.

VIII. Die Abhängigkeit der Verpuppung von Außenbedingungen

Die unter optimalen Ernährungs- und Klimabedingungen gehaltenen Hausbocklarven entwickeln sich — im Vergleich zu den unter „natürlichen“ Umweltverhältnissen aufwachsenden Tieren — außerordentlich schnell. Es fiel jedoch auf, daß die ausgewachsenen Larven sich nicht

verpuppten und die Weiterentwicklung zum Käfer lange Zeit ausblieb. Das Larvengewicht veränderte sich nur wenig, nachdem sie eine gewisse Größe erreicht hatten. Die Verpuppung tritt sonst bei männlichen Tieren von einem Larvengewicht von ~ 50 mg, bei weiblichen von ~ 80 mg an ein (G. BECKER, 1942 b). Aber selbst ungewöhnlich große Tiere — es wurden in kurzer Zeit Larven bis zu 0,7 g Gewicht herangezogen! — verpuppen sich noch nach Jahresfrist nicht, wenn man sie unter gleichbleibenden günstigen Ernährungs- und Klimaverhältnissen hält. Derartige Bedingungen, insbesondere konstante optimale Temperatur, besitzen nach den vorliegenden Beobachtungen geradezu eine hemmende Wirkung auf den Verpuppungsvorgang.

Für Zwecke der Holzschutzmittelpfung im Laboratorium ist es erwünscht, Hausbockkäfer und damit auch Eilarven möglichst zu allen Jahreszeiten zur Verfügung zu haben. Es wurde daher angestrebt, die Auslösung der Verpuppung nach Möglichkeit experimentell in die Hand zu bekommen. Bei zahlreichen Tieren ist dies ohne jede Schwierigkeit zu erreichen. Teils tritt die Verpuppung ein, sobald die Larven eine gewisse Größe erreicht haben, teils ist sie unabhängig von der Güte der Nahrung zeitgebunden, teils kann man sie (wie z. B. bei gewissen für Versuchszwecke viel benutzten Lepidopteren) durch Hunger vorzeitig auslösen usw. Dabei ist es dafür, daß eine Verpuppung eintritt, bei zahlreichen Insekten unwesentlich, ob gleichbleibende oder wechselnde Bedingungen herrschen.

Zur Frage der Abhängigkeit der Häutung und Verpuppung von Nahrung und Temperatur gibt z. B. A. HERFS (1936) verschiedene Hinweise. Anscheinend sind Schmetterlinge bei Hunger zu einer Notverpuppung imstande, Käfer dagegen nicht; bei Fliegen soll Hunger eine Entwicklungsbeschleunigung zur Folge haben. Die Häutungszahl der Käferlarven scheint von der Temperatur abzuhängen; bei *Tineola* ist dies nicht der Fall.

Die Beachtung und Untersuchung der Verhältnisse bei *Hylotrupes bajulus* verlohnt sich auch aus einer allgemeineren Fragestellung heraus. Weiß man doch durch die entwicklungsphysiologischen Untersuchungen von A. KÜHN, H. PIEPHO und anderen, über die zuletzt H. PIEPHO (1943) zusammenfassend berichtet hat, schon sehr viel über die Hormonabhängigkeit der Insektenmetamorphose und die stoffliche Steuerung der sich dabei im Körperinnern abspielenden Vorgänge; aber über die zeitlich davor liegende Auslösung der Hormonbildung und -Ausschüttung im Gehirn und die — sicherlich bei den einzelnen Insektengruppen und -arten sehr unterschiedlichen — stofflichen und umweltabhängigen Voraussetzungen dafür ist noch so gut wie nichts bekannt oder in diesem Zusammenhang beachtet, ja der Eintritt der Hormonbildung nach Abschluß der körperlichen Entwicklung wird im allgemeinen für so selbstverständlich gehalten, daß man die Frage nach diesen Voraussetzungen wohl für mehr oder weniger überflüssig hält.

Die in dieser Richtung mit *Hylotrupes*-Larven angestellten Versuche wurden leider durch die Kriegsverhältnisse immer wieder unter-

brochen und die meisten Unterlagen darüber gingen schließlich verloren. Die bisherigen Ergebnisse aber seien auch ohne diese kurz mitgeteilt. Durch Hungernlassen ausgewachsener Larven kann man deren Verpuppung nicht auslösen. Die meisten Tiere verhungern, ohne sich zu verpuppen. Zeitweilige oder dauernde Herabsetzung der Luft- und Holzfeuchtigkeit führt ebenfalls nicht zur Metamorphose. Von Tieren, die dauernd bei 20° C gehalten werden, verpuppen sich einzelne nach langer Zeit, während dies bei dauernd 28° C, dem ungefähren Optimum für die Larvenentwicklung, noch seltener eintritt. Ein Wechsel von 20° und 28° in täglichem oder mehrwöchigem Rhythmus erhöht die Anzahl von Verpuppungen ein wenig. Mit gewisser Sicherheit läßt sich indessen eine Verpuppung nur erreichen, wenn man die Larven längere Zeit bei Temperaturen hält, die unterhalb der Grenze für ihre Bewegungsfähigkeit liegen. Am wirksamsten scheinen Unterkühlungen unter dem Gefrierpunkt zu sein. Über die erforderliche Tiefe und Dauer der Kälteeinwirkung können noch keine genauen Angaben gemacht werden. Bis zu einem gewissen Grade scheint daneben bei den Tieren der jahreszeitliche Rhythmus trotz längerer Haltung unter verschiedenen Laboratoriumsbedingungen bestehen zu bleiben.

Wenn auch bisher die erforderlichen Temperatur- und Zeitbedingungen nicht angegeben werden können, so hat sich doch klar gezeigt, daß bei *Hylotrupes bajulus* eine Unterbrechung der Entwicklung durch tiefe Temperaturen oder die Ausbildung gewisser Stoffe unter dem Einfluß der Kälte die Voraussetzung für eine Verpuppung bildet.

Bei den mitteleuropäischen Cerambyciden ist zwar ein 1- oder 2jähriger Entwicklungszyklus mit Verpuppung zu Beginn des Frühlings oder Sommers sehr häufig, und möglicherweise steht auch bei anderen Arten als *Hylotrupes bajulus* die Verpuppung im Zusammenhang mit einer Temperatursenkung. Aber es gibt Arten, bei denen eine „Hiemalisation“ keineswegs erforderlich ist. Zum Beispiel hat *Acanthocinus aedilis* L. in warmen Jahren zwei Generationen (K. ESCHERICH, G. BECKER); *Gracilia minuta* L. verpuppt sich auch in Räumen, die im Winter geheizt sind (H. WALDMANN); *Cerambyx cerdo* L. erfolgt die Verpuppung teils bereits im Herbst, teils im Frühjahr (D. F. RUDNEW, E. DÖHRING).

Auch bei anderen Insektengruppen bestehen anscheinend gleichfalls bei systematisch nahe verwandten Tieren mit ähnlicher Lebensweise Unterschiede hinsichtlich der Verpuppungsbedingungen. *Ephestia kühniella* Zell. verpuppt sich in ausgewachsenem Zustand bei beliebigen konstanten Temperaturen; *E. elutella* Hbn soll nach F. ZACHER¹⁾ eines Temperaturwechsels bedürfen. *Tineola biselliella* Hum. verhält sich

¹⁾ Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Ob. Reg.-Rat Dr. F. ZACHER.

wie *E. kühniella*; *Tinea pellionella* L. scheint sich nach eigenen Beobachtungen erst nach winterlichem Temperaturrückgang verpuppen zu können. — Derartige Beispiele und die gesamte Frage sollten weiter verfolgt werden. — Bekannt ist der Einfluß von Kälteschocks auf die Metamorphose von Schmetterlingen. Genauere entwicklungsphysiologische Untersuchungen fehlen aber auch hier.

IX. Arbeitsanweisung zur Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der Hausbockkäfer-Larven

Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen über den Einfluß von Klimabedingungen und Nahrungszusätzen zum Holz lassen sich folgende kurze Richtlinien für eine möglichst rasche Aufzucht der Hausbocklarven aufstellen:

1. Die Temperatur betrage während des größten Teils der Zeit 28—30 °C. In gewissen Abständen ist für eine kürzere Zeitdauer, beispielsweise an 2 von 7 Tagen oder in 1 von 4 Wochen die Wärme herabzusetzen, z. B. auf etwa 20 °C.

2. Die relative Luftfeuchtigkeit betrage während des größten Teils der Zeit möglichst 97—100 %. Eine gelegentliche Anfeuchtung des Holzes über dessen Fasersättigungspunkt hinaus kann erfolgen. Bei jüngeren Larven ist in gewissen Zeitabständen eine kürzere Austrocknung des Holzes vorzunehmen.

3. Das verwendete Kiefernspiltholz ist mit einer 1—2prozent. Aufschwemmung von „Peptonum e caseino“ (oder gegebenenfalls von „Peptonum e carne“ oder „Milch-Pepton“ oder insbesondere bei Eilarven auch von „Pepton 203“, sämtlich von der Firma F. Witte, Rostock) unter Anwendung von Unterdruck zu tränken. Dabei kann 0,001 % Lactoflavin zugesetzt werden. Vor dem Einsetzen der Tiere muß das Holz wieder ausgetrocknet sein.

Im übrigen sei auf die bereits früher betonten Erfordernisse wie Einzelhaltung der Larven in den Holzklötzchen und Verhinderung des Überwanderns der Tiere in den Hygrostaten von einem Holz in das andere, Vermeidung jeglicher Verletzungen bei der Handhabung der Tiere usw. hingewiesen.

Bei den angegebenen Zuchtbedingungen kann man in etwa 6—12 Monaten ausgewachsene Larven und die ersten Käfer erhalten, also eine ganz wesentliche Beschleunigung der sonst sehr langen Entwicklungszeit des Schädlings erzielen.

Damit eine Verpuppung eintritt, müssen erwachsene Larven einer mehrwöchigen Einwirkung niedriger Temperaturen in Nähe des Gefrierpunktes ausgesetzt werden.

X. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Temperatur, die, in gleichbleibender Höhe angewandt, das rascheste Larvenwachstum bewirkt, ist für jüngste und ältere Larven verschieden. Die jüngsten Larven wachsen bei 30 °C schneller als bei 28 °C, und die für sie günstigste Wärme liegt anscheinend sogar ober-

halb 30° C; etwas ältere Larven (mit durchschnittlich um 25 mg Anfangsgewicht) haben die für ihr Wachstum günstigste Wärme bei ungefähr 29° C, größere Tiere (über 100 mg) bei ungefähr 28° C. Das Temperaturoptimum für die Wachstumsgeschwindigkeit wird also mit zunehmender Larvengröße geringer.

2. Die wachstumsverzögernde Wirkung der Temperaturen unterhalb des Optimums wirkt sich auf jüngere Larven stärker aus als auf ältere, wenn man die Wachstumsgeschwindigkeit bei günstiger Wärme als Vergleichsmaßstab zugrunde legt. Durch hohe Temperaturen oberhalb des Optimums werden andererseits größere Tiere mehr im Wachstum gehemmt als Eilarven.

3. Anscheinend besteht ein zahlenmäßig erfaßbarer Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Temperaturabhängigkeit der einzelnen Größenstufen und der Wachstumsgeschwindigkeit der Larven im Verhältnis zum Anfangsgewicht.

4. Der Einfluß eines regelmäßigen Wärmewechsels ist ebenfalls auf jüngste und ältere Larven verschieden. Eilarven wachsen bei gleichbleibender günstiger Temperatur rascher — entsprechend der Wärmesumme — als bei zeitweilig verminderter Wärme; ältere Larven dagegen werden in ihrer Entwicklung durch regelmäßige Herabsetzung der Temperatur für eine bestimmte Zeit, beispielsweise von 28° C auf 20° C oder auf ungefähr 5° C, gegenüber einer gleichbleibenden Wärme von 28° C gefördert.

5. Ein Wechsel von 24° C zu 37° C im Verhältnis von 16 zu 8 Stunden (Sommertemperaturen) ergab ein langsames Wachstum als Haltung bei dauernd 28° C.

6. Zeitweilige Herabsetzung der in der übrigen Zeit besonders günstigen Luftfeuchtigkeit neben einer Temperatursenkung führte bei Eilarven zu einer Verminderung der Sterblichkeit gegenüber den bei konstanten Feuchtigkeitsbedingungen gehaltenen Tieren.

7. Die untere Grenze für ein Larvenwachstum liegt bei jüngsten Tieren anscheinend um einige Grad höher als bei älteren oder größeren. Die obere Grenze befindet sich bei ~ 38° C. Ältere Larven wachsen noch bei etwas höherer Temperatur als jüngere, der Unterschied ist aber nicht groß.

8. Die für die Gewichtszunahme der Larven günstigste Holzfeuchtigkeit liegt bei etwa 40—55 %. In diesem Feuchtigkeitsbereich wachsen die Tiere noch etwas schneller als bei gesättigter Luftfeuchtigkeit (entsprechend 27—28 % Holzfeuchtigkeit), die Sterblichkeit ist aber gegenüber dieser Bedingung erhöht. Noch höhere Feuchtigkeit ist ungünstig bzw. führt zu einem Absterben der Larven. Bei einer Holzfeuchtigkeit dicht oberhalb des Fasersättigungspunktes wuchsen die Larven wider Erwarten und aus unbekannten Gründen langsamer als selbst bei ungefähr 24 % Holzfeuchtigkeit. — Zeitweilige (nicht allzu starke) Durchfeuchtung des Holzes fördert die Entwicklung der *Hylotrupes*-Larven.

9. Das verschiedene durchschnittliche Anfangsgewicht der Eilarven auf Grund der von der Käferlänge und von der Anzahl bereits abgelegter Eier etwas abhängigen Eiggröße hat offenbar keinen Einfluß auf das spätere Larvengewicht. Ebenso ließ sich eine Abhängigkeit des späteren Larvengewichtes von der verschiedenen individuellen Anfangsgröße der Eilarven nicht mit Sicherheit feststellen.

10. Dagegen führt die Herabsetzung der relativen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung, die eine Verminderung des Eilarvengewichtes sowie eine wesentliche Zunahme der Larvensterblichkeit während der Embryonalzeit zur Folge hat, zu einer Erhöhung des durchschnittlichen Endgewichtes und außerdem zu einer Abnahme der postembryonalen Larvensterblichkeit gegenüber den Tieren mit optimalen Bedingungen während der Eientwicklung. Die Erhöhung des Durchschnittsgewichtes nach einer bestimmten Entwicklungszeit ist dadurch bedingt, daß infolge der geringen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalzeit gerade diejenigen Larven absterben, die später am langsamsten heranwachsen.

11. Im Gegensatz zu Symbionten enthaltenden Cerambycidenlarven, die beim Schlüpfen ein Loch in die Eischale oder diese gänzlich fressen und sich dabei mit den Symbiontensporen infizieren, reißt bei dem symbiontenlosen *Hylotrupes* die Eischale ein, und die Eilarve kriecht daraus hervor, ohne davon zu fressen.

12. Die Eilarven besitzen beim Einbohren in das Holz ein begrenztes Wahlvermögen, das sie Laubholz und stärker harzhaltige Stellen zwar im allgemeinen, aber nicht mit Sicherheit meiden läßt. Ob und wie sie und insbesondere ältere Larven den für sie günstigen höheren Eiweißgehalt feststellen, der sie zu „Platzfraß“ veranlaßt, ist ungeklärt.

13. Die Hausbocklarven besitzen eine bei Eilarven wenig, bei älteren Tieren deutlich ausgeprägte negative Geotaxis.

14. Durch lange Hungerfähigkeit, die bei ungefähr 20 °C und hoher Luftfeuchtigkeit durchschnittlich etwa 3 Wochen beträgt, zeichnet sich *Hylotrupes* vor anderen ähnlichen Cerambyciden-Eilarven besonders aus.

15. Die früheren Ergebnisse über die Larvenernährung werden kurz zusammengestellt. Danach ist Eiweiß die für die Entwicklung entscheidende Stoffgruppe. Es wird auf Zusammenhänge zwischen Symbionten und Eiweißstoffwechsel gerade auch bei gewissen Holzfressern hingewiesen.

16. Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Eiweißstoffe, die als Zusatz zum Holz die Larvenentwicklung am meisten beschleunigen: „Peptonum e caseino“ und daneben „Peptonum e carne“, „Milchpepton“ und insbesondere für Eilarven auch „Pepton 203“ (Firma F. Witte, Rostock). In 70tägiger Versuchsdauer ließ sich eine durchschnittliche Entwicklungsbeschleunigung gegenüber Tieren in unbehandeltem Kiefernspiltholz bis um das ungefähr 10—25fache erzielen.

17. Der wachstumsfördernde Einfluß verschiedener Pepton- (und anderer eiweißhaltiger) Präparate ist bei den einzelnen Größenstufen der

halb 30 ° C; etwas ältere Larven (mit durchschnittlich um 25 mg Anfangsgewicht) haben die für ihr Wachstum günstigste Wärme bei ungefähr 29 ° C, größere Tiere (über 100 mg) bei ungefähr 28 ° C. Das Temperaturoptimum für die Wachstumsgeschwindigkeit wird also mit zunehmender Larvengröße geringer.

2. Die wachstumsverzögernde Wirkung der Temperaturen unterhalb des Optimums wirkt sich auf jüngere Larven stärker aus als auf ältere, wenn man die Wachstumsgeschwindigkeit bei günstiger Wärme als Vergleichsmaßstab zugrunde legt. Durch hohe Temperaturen oberhalb des Optimums werden andererseits größere Tiere mehr im Wachstum gehemmt als Eilarven.

3. Anscheinend besteht ein zahlenmäßig erfassbarer Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Temperaturabhängigkeit der einzelnen Größenstufen und der Wachstumsgeschwindigkeit der Larven im Verhältnis zum Anfangsgewicht.

4. Der Einfluß eines regelmäßigen Wärmewechsels ist ebenfalls auf jüngste und ältere Larven verschieden. Eilarven wachsen bei gleichbleibender günstiger Temperatur rascher — entsprechend der Wärmesumme — als bei zeitweilig verminderter Wärme; ältere Larven dagegen werden in ihrer Entwicklung durch regelmäßige Herabsetzung der Temperatur für eine bestimmte Zeit, beispielsweise von 28 ° C auf 20 ° C oder auf ungefähr 5 ° C, gegenüber einer gleichbleibenden Wärme von 28 ° C gefördert.

5. Ein Wechsel von 24 ° C zu 37 ° C im Verhältnis von 16 zu 8 Stunden (Sommertemperaturen) ergab ein langsames Wachstum als Haltung bei dauernd 28 ° C.

6. Zeitweilige Herabsetzung der in der übrigen Zeit besonders günstigen Luftfeuchtigkeit neben einer Temperatursenkung führte bei Eilarven zu einer Verminderung der Sterblichkeit gegenüber den bei konstanten Feuchtigkeitsbedingungen gehaltenen Tieren.

7. Die untere Grenze für ein Larvenwachstum liegt bei jüngsten Tieren anscheinend um einige Grad höher als bei älteren oder größeren. Die obere Grenze befindet sich bei ~ 38 ° C. Ältere Larven wachsen noch bei etwas höherer Temperatur als jüngere, der Unterschied ist aber nicht groß.

8. Die für die Gewichtszunahme der Larven günstigste Holzfeuchtigkeit liegt bei etwa 40—55 %. In diesem Feuchtigkeitsbereich wachsen die Tiere noch etwas schneller als bei gesättigter Luftfeuchtigkeit (entsprechend 27—28 % Holzfeuchtigkeit), die Sterblichkeit ist aber gegenüber dieser Bedingung erhöht. Noch höhere Feuchtigkeit ist ungünstig bzw. führt zu einem Absterben der Larven. Bei einer Holzfeuchtigkeit dicht oberhalb des Fasersättigungspunktes wuchsen die Larven wider Erwarten und aus unbekannten Gründen langsamer als selbst bei ungefähr 24 % Holzfeuchtigkeit. — Zeitweilige (nicht allzu starke) Durchfeuchtung des Holzes fördert die Entwicklung der *Hylotrupes*-Larven.

9. Das verschiedene durchschnittliche Anfangsgewicht der Eilarven auf Grund der von der Käferlänge und von der Anzahl bereits abgelegter Eier etwas abhängigen Eigröße hat offenbar keinen Einfluß auf das spätere Larvengewicht. Ebenso ließ sich eine Abhängigkeit des späteren Larvengewichtes von der verschiedenen individuellen Anfangsgröße der Eilarven nicht mit Sicherheit feststellen.

10. Dagegen führt die Herabsetzung der relativen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung, die eine Verminderung des Eilarvengewichtes sowie eine wesentliche Zunahme der Larvensterblichkeit während der Embryonalzeit zur Folge hat, zu einer Erhöhung des durchschnittlichen Endgewichtes und außerdem zu einer Abnahme der postembryonalen Larvensterblichkeit gegenüber den Tieren mit optimalen Bedingungen während der Eientwicklung. Die Erhöhung des Durchschnittsgewichtes nach einer bestimmten Entwicklungszeit ist dadurch bedingt, daß infolge der geringen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalzeit gerade diejenigen Larven absterben, die später am langsamsten heranwachsen.

11. Im Gegensatz zu Symbionten enthaltenden Cerambycidenlarven, die beim Schlüpfen ein Loch in die Eischale oder diese gänzlich fressen und sich dabei mit den Symbiontensporen infizieren, reißt bei dem symbiontenlosen *Hylotrupes* die Eischale ein, und die Eilarve kriecht daraus hervor, ohne davon zu fressen.

12. Die Eilarven besitzen beim Einbohren in das Holz ein begrenztes Wahlvermögen, das sie Laubholz und stärker harzhaltige Stellen zwar im allgemeinen, aber nicht mit Sicherheit meiden läßt. Ob und wie sie und insbesondere ältere Larven den für sie günstigen höheren Eiweißgehalt feststellen, der sie zu „Platzfraß“ veranlaßt, ist ungeklärt.

13. Die Hausbocklarven besitzen eine bei Eilarven wenig, bei älteren Tieren deutlich ausgeprägte negative Geotaxis.

14. Durch lange Hungerfähigkeit, die bei ungefähr 20 °C und hoher Luftfeuchtigkeit durchschnittlich etwa 3 Wochen beträgt, zeichnet sich *Hylotrupes* vor anderen ähnlichen Cerambyciden-Eilarven besonders aus.

15. Die früheren Ergebnisse über die Larvenernährung werden kurz zusammengestellt. Danach ist Eiweiß die für die Entwicklung entscheidende Stoffgruppe. Es wird auf Zusammenhänge zwischen Symbionten und Eiweißstoffwechsel gerade auch bei gewissen Holzfressern hingewiesen.

16. Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Eiweißstoffe, die als Zusatz zum Holz die Larvenentwicklung am meisten beschleunigen: „Peptonum e caseino“ und daneben „Peptonum e carne“, „Milchpepton“ und insbesondere für Eilarven auch „Pepton 203“ (Firma F. Witte, Rostock). In 70tägiger Versuchsdauer ließ sich eine durchschnittliche Entwicklungsbeschleunigung gegenüber Tieren in unbehandeltem Kiefernspiltholz bis um das ungefähr 10—25fache erzielen.

17. Der wachstumsfördernde Einfluß verschiedener Pepton- (und anderer eiweißhaltiger) Präparate ist bei den einzelnen Größenstufen der

Larven unterschiedlich. Es gibt Produkte, die für Eilarven besonders günstig sind, deren „relativer“ Nahrungswert aber mit zunehmender Larvengröße abnimmt, und andere, die sich umgekehrt verhalten. Die physiologisch noch nicht erklärten Beziehungen entsprechen der früheren Beobachtung, daß auch einzelne Aminosäuren eine spezifische Wirkung auf die verschieden großen Larven besitzen.

18. Ein geringer Glucosezusatz zu Pepton hat keine weitere Steigerung der Entwicklungsgeschwindigkeit, vielmehr deren Herabsetzung gegenüber alleiniger Anwendung von Pepton zur Folge.

19. Hefezusatz fördert die Larvenentwicklung, aber nicht in besonderem Maße. Als Zugabe zu Pepton steigert Hefe die Wachstumsgeschwindigkeit etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz.

20. Vitamin B₁ (Aneurin) beschleunigt, in geringerer Konzentration als in 0,0015 % des Holzgewichtes zusammen mit Pepton zugesetzt, das Larvenwachstum etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz. Ohne gleichzeitige Eiweißanreicherung des Holzes wurde eine Wachstumsförderung durch Aneurin nicht beobachtet. Oberhalb von ungefähr 0,0015 % Aneurin je Holzgewicht tritt eine schädigende Hypervitaminosewirkung auf.

21. Vitamin B₂ (Lactoflavin) wirkt (ebenfalls zusammen mit Pepton) etwas günstiger als Vitamin B₁. Im optimalen Konzentrationsbereich wird die Wachstumsgeschwindigkeit gegenüber alleinigem Peptonzusatz nahezu verdoppelt. Zehnfache Dosis der wirksamsten Menge bewirkt noch keine Wachstumshemmung.

22. Gleichbleibende günstige Temperatur- und Ernährungsbedingungen hemmen bei Hausbocklarven den Eintritt der Verpuppung. Diese wird durch längere Einwirkung niedriger Temperaturen, vor allem in Nähe des Gefrierpunktes ausgelöst. Einzelbedingungen dieses für die Metamorphose erforderlichen Temperaturwechsels sind noch nicht bekannt.

23. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse wird eine kurze Arbeitsanweisung zur zweckmäßigsten Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der *Hylotrupes*-Larven unter Angabe der geeignetsten Temperatur-, Feuchtigkeits- und Ernährungsbedingungen zusammengestellt. Nach dieser Anweisung lassen sich erwachsene Larven und Käfer bereits in 6—12 Monaten heranzüchten.

Schrifttum

- BECKER, G., Zur Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven (*Hylotrupes bajulus* L.). Naturwiss. 26 (1938), 462/63.
- — Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegenüber Eiablage und Eientwicklung sowie als Berührungs- und Atmungsgift gegen Eilarven des Hausbockkäfers. Holz als Roh- u. Werkstoff 4 (1941), 7—14.
- — Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven. Z. vergl. Physiol. 29 (1942 a), 315—388.
- — Beiträge zur Kenntnis des Hausbockkäfers. Z. hyg. Zool. 34 (1942 b), 83—107.

- BECKER, G., Ökologische und physiologische Untersuchungen über die holzerstörenden Larven von *Anobium punctatum* De Geer. Z. Morphol. Ökol. d. Tiere **39** (1942 c), 98—152.
- — Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis des Mulmbockkäfers (*Ergates faber* L.). Z. angew. Entomol. **29** (1942 d), 1—30 und **30** (1943 a), 263—296.
- — Zur Ökologie und Physiologie holzerstörender Käfer. Z. angew. Entomol. **30** (1943 b), 104—118.
- — Sinnesphysiologische Untersuchungen über die Eiablage des Hausbockkäfers. Z. vergl. Physiol. **30** (1944 a), 253—299.
- — Der natürliche Schutz des Laubholzes gegen Hausbockkäferlarven und seine Ursache. Z. angew. Entomol. **30** (1944 b), 391—417.
- BUCHNER, P., Tier und Pflanze in intrazellulärer Symbiose. Berlin 1921.
- — Tier und Pflanze in Symbiose. Berlin 1930.
- DÖHRING, E., Zur Biologie des großen Eichenbockes (*Cerambyx cerdo* L. Col.) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsbewegungen im Areal. Diss. Math.-Naturwiss. Fak. Univ. Berlin 1948.
- FINKENBRINK, W., Versuche über das Fortbewegungsvermögen der Eilarven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus*). Anz. f. Schädlingssk. **16** (1940), 41—43.
- FRIEDERICH, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1930.
- FRÖBRICH, G., Untersuchungen über Vitaminbedarf und Wachstumsfaktoren bei Insekten. Z. vergl. Physiol. **27** (1939), 335—383.
- GÖSSWALD, K., Richtlinien zur beschleunigten Heranzucht des Hausbocks (*Hylotrupes bajulus* L.). Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 3 (1929).
- GOETSCH, W., OFFHAUS, K., u. TÓTH, L., Untersuchungen über Flagellaten- und Bakteriensymbiosen bei Termiten. Naturwiss. **32** (1944), 48.
- HEITZ, E., Über intracelluläre Symbiose bei holzfressenden Käferlarven, I. Z. Morphol. Ökol. Tiere **7** (1927), 279—305.
- HERFS, A., Ökologisch-physiologische Studien an *Anthrenus fasciatus* Herbst. Zoologica **34** (1936), II. 90.
- HERTER, K., Über den Temperatursinn von Vorratsschädlingen. Mitt. Ges. Vorratsschutz **18** (1943), 74—77; **19** (1944), 5—11, 23—24, 31—36, 45—49.
- JANISCH, E., Die Bedeutung des Optimums für den Massenwechsel forstschädlicher Insekten. Verhandl. VII. Internat. Kongr. f. Entomol. Berlin 1938, III (1939), 1974—1989.
- KALTWASSER, J., Der Nahrungswert des Holzes für die Larven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus*). Mitt. Biol. Reichsanst. Land- u. Forstwirtschaft. **65** (1941), 78—79.
- KAUFMANN, O., Einige Bemerkungen über den Einfluß von Temperaturschwankungen auf die Entwicklungsdauer und Streuung bei Insekten und seine graphische Darstellung durch Kettenlinie und Hyperbel. Z. Morphol. Ökol. Tiere **25** (1932), 253—361.
- KOCH, A., Symbionten und Vitamine. Naturwiss. **21** (1933), 543.
- — Symbiosestudien. I. Die Symbiose des Splintkäfers *Lyctus linearis* Goeze. Z. Morphol. Ökol. Tiere **32** (1936), 92—136.
- — Über den gegenwärtigen Stand der experimentellen Symbiosforschung. Verhandl. VII. Intern. Kongr. f. Entomol. Berlin 1938, II (1939), 760—771.
- MICHEL, E., Beiträge zur Kenntnis von *Lachnus (Pterochlorus) roboris* L., einer wichtigen Honigtauerzeugerin an der Eiche. Z. angew. Entomol. **29** (1942), 243—281.
- OFFHAUS, K., Der Einfluß von wachstumsfördernden Faktoren auf die Insektenentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Phytohormone. Z. vergl. Physiol. **27** (1939), 384—428.
- PIEPHO, H., Wirkstoffe in der Metamorphose von Schmetterlingen und anderen Insekten. Naturwiss. **31** (1943), 329—335.

- RUDNEW, D. F., Der große Eichenbock (*Cerambyx cerdo* L.), seine Lebensweise, wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung. Z. angew. Entomol. **22** (1936), 61—96.
- SCHANDERL, H., Über die Assimilation des elementaren Stickstoffes der Luft durch die Hefesymbionten von *Rhagium inquisitor* L. Z. Morphol. Ökol. Tiere **38** (1942), 526—533.
- SCHLOTTKE, E., Über die Verdauungsfermente im Holz fressender Käferlarven. Zool. Jahrb. Abt. Allg. Zool. u. Physiol. **61** (1945), 88—140.
- u. BECKER, G., Verdauungsfermente im Darm der Hausbockkäferlarven. Biologia generalis **16** (1942), 1—10.
- SCHUCH, K., Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Larven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus* L.). Z. angew. Entomol. **23** (1936), 547—558.
- Experimentelle Untersuchungen über den Nahrungswert von Kiefern- und Fichtenholz für die Larven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus* L.). Z. Pflanzenkrankh. **47** (1937 a), 572—585.
- Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf das Wachstum der Hausbockkäferlarven. Z. angew. Entomol. **24** (1937 b), 357—566.
- Zur Physiologie und Ökologie des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus* L.). Berlin-Dahlem (Verb. öff. Feuer-Versicherungsanst. in Deutschland) 1938.
- SCHWERDTFEGGER, F., Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. Z. angew. Entomol. **28** (1941), 254—303.
- SPEYER, W., Entomologie. Dresden u. Leipzig 1937.
- STEINER, P., Hausbockuntersuchungen (I. Mitt.). Über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf das Eistadium und Bemerkungen zur Biologie der Imago. Z. angew. Entomol. **23** (1936), 531—546.
- STELLWAAG, F., Kritische Untersuchungen zur Analyse des Massenwechsels der Insekten. Z. angew. Entomol. **30** (1944), 501—525.
- TÓTH, L., WOLSKY, A., u. BÁTORY, A., Stickstoffbindung aus der Luft bei den Aphiden und bei den Homopteren (*Rhynchoa Insecta*). Z. vergl. Physiol. **30** (1942), 67—73.
- WALDMANN, H., Beiträge zur Kenntnis von *Gracilia minuta* F. (Cerambycidae-Bockkäfer). Diss. Techn. Hochschule Darmstadt 1945.
- WEIDNER, H., Der Hausbock. Z. Pflanzenkrankh. **46** (1936), 306—326.

Personalien

Professor Dr. ENOCH ZANDER 75 Jahre

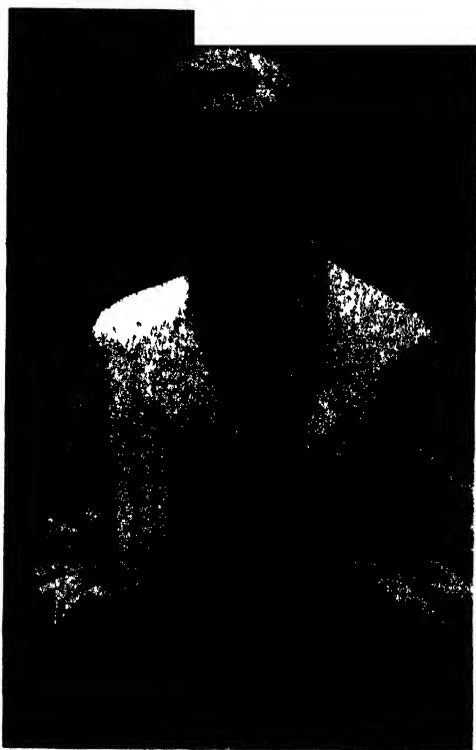
Was hat Professor ZANDER der Bienenkunde und Bienenzucht gegeben?

Von

K. ESCHERICH

Über einen so seltenen Forscher und Menschen, wie ZANDER ist, einen Geburtstagsartikel zu schreiben, war mir ein wahres Herzensbedürfnis und zugleich ein großer Genuß. Ist es oft doch so, daß man bei solchen Anlässen Mühe hat, das wenige Positive zusammenzukratzen, das der feiernde „Jubilar“ der Wissenschaft gegeben hat, um einen einigermaßen anständigen Geburtstagsartikel fertigzubringen. Bei ZANDER hat man im Gegenteil Mühe, das unendlich Viele und Große, das er seiner Wissenschaft und der Praxis geschenkt hat, im Rahmen eines normalen Geburtstagsartikels zu würdigen. Und so muß ich mich hier nur auf das Wichtigste und Grundlegende seiner Lebensarbeit beschränken.

Als eines seiner wertvollsten Forschungsergebnisse erachtet er, wie er mir persönlich immer wieder betonte, die Entdeckung des Erregers einer der schlimmsten Seuchen der erwachsenen Bienen: der sogenannten Darmseuche. Die Arbeiten hierüber, die schon vor der Gründung der Anstalt einsetzten, ergaben, daß es sich um ein Protozoon handelte, eine Microsporidie, die er einwandfrei als *Nosema*-Art bestimmte und *Nosema apis*



benannte, eine nahe Verwandte des Erregers der Seidenraupenpest *Nosema bombycis*. Auf diese Entdeckung ist ZANDER zeitlebens sehr stolz gewesen, denn keiner der damaligen Protozoen-Spezialisten vermochte ihn auf die richtige Fährte zu bringen. Die erste ausführliche Darstellung der *Nosema*-Seuche erfolgte 1911 im 2. Band seines Handbuches der Bienenkunde.

Aber auch den übrigen Bienenkrankheiten wandte er von allem Anfang an seine volle Aufmerksamkeit zu. Dabei erkannte er bald, daß die ganze damals übliche Bienenpflege so unhygienisch wie nur möglich war, was ihm Veranlassung gab, eine auf peinliche Reinlichkeit, regelmäßige Wabenerneuerung und tunlichst gesonderte Behandlung der Bienenvölker abzielende hygienische Betriebsweise zu entwickeln.

Daneben liefen eigene Untersuchungen und solche seiner Schüler (STELLWAAG, METZGER, LÖSCHEL, MEIER und BECKER) über anatomische, morphologische und entwicklungsgeschichtliche Probleme der Honigbiene, die in zahlreichen Veröffentlichungen niedergelegt sind (1910—1925).

Von 1910 an erschien dann nach und nach sein 7bändiges Handbuch der Bienenkunde (Verlag Eugen Ulmer — Stuttgart), dessen wichtigste Bände zahlreiche Auflagen bis in die Gegenwart erlebten. Es wird noch immer im In- und Ausland als das beste Spezialwerk bewertet. Inzwischen erfolgten auch zahlreiche stark gekürzte Darstellungen des gleichen Stoffes, die weite Verbreitung gefunden haben¹⁾. Erlebte doch der „Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht“ eine Auflage von 130 000 Exemplaren.

Von allem Anfang an war es ZANDERS Bestreben die unmittelbaren Erträge aus der Bienenzucht, die Wachs- und Honigernte, zu steigern. Dabei war ihm von vornherein klar, daß dies nur auf dem Umweg über die Königin und den Drohn, der sich auf dem Hochzeitsflug mit ihr paart, geschehen kann. So kam er dazu, der Königinnenzucht seine besondere Aufmerksamkeit zu widmen, d. h. Königinnen zu züchten, deren Nachkommen immer höhere Leistungen aufwiesen. Zunächst hieß es die Grundlagen durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen, die in Gemeinschaft mit LÖSCHEL, MEIER und BECKER ausgeführt wurden, zu schaffen, sodann Technik und Arbeitsweise zu vervollkommen und durch Schaffung von kilometerweit bienenfreien Paarungsplätzen, sogenannten Belegstellen, wie sie bereits in der Schweiz gebräuchlich waren, die Verbastardierungsgefahren der unkontrollierbaren Paarung am Bienenstand nach Möglichkeit auszuschalten. Die ersten Erfahrungen hierüber wurden in der 6. Flugschrift der Deutschen Ge-

¹⁾ Bienen und Bienenzucht. Teubner, Leipzig (Aus Natur und Geisteswelt), 1919. — Bienen und Bienenzucht. Ein Handbuch der Landwirtschaft. Paul Parey, Berlin, 1929. — Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht. Landesverein Bayer. Bienenzüchter 1926—48. — Immen und Imkerei. Eugen Ulmer 1948. — Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht. 8. Aufl. Fr. Ehrenwirt, München 1948.

sellschaft für angewandte Entomologie („Zucht und Pflege der Bienenkönigin“, Paul Parey, 1917, in 6. Auflage erschienen 1944) veröffentlicht. Diese Bestrebungen fanden auch sonst in der Tierzucht Beachtung und hatten 1918 die Herausgabe einer Flugschrift der „Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde“ (Züchterische Bestrebungen zur Veredelung der Honigbiene) zur Folge, in der besonders die durch die parthenogenetische Entstehung der Drohnen bedingten eigenartigen Erbgänge herausgestellt wurden. ZANDER hat nie aufgehört in Wort, Bild und Schrift für diese wichtige Aufgabe zu werben. Er führte auch in den Arbeitsgang der Königinnenzucht die Äthernarkose ein, um in schonendster Weise die neuen Königinnen mit den unentbehrlichen Arbeitsbienen zusammenzubringen.

Ein weiterer Markstein in der Lebensgeschichte des großen Imkers und Bienenforschers war die Schaffung der weltbekannten „Zanderbeute“. Schon frühzeitig ward ihm klar, daß die gebräuchlichen Bienenwohnungen mit Hinterbehandlung und naturwidriger querer Wabenstellung in keiner Weise den Forderungen einer naturgemäßen, bequemen und schonenden Bienenpflege gerecht wurden. Daher ging sein Bestreben schon vor dem 1. Weltkrieg dahin, eine den natürlichen Verhältnissen gerechter werdende Beute zu konstruieren, und so schuf er die einfache Bienenwohnung mit Oberhandlung, die von der DLG. bis zum Jahre 1929 zur Magazinbeute ausgestaltet wurde, aus losem Deckel und Boden, und 2 völlig gleichen leicht trennbaren Abteilungen besteht, die auch dem vielgeplagten Landwirt, als dem berufenen Imker die Beschäftigung mit der Bienenzucht wieder mehr ermöglichen sollte. Ihre Behandlung hat nach dem Zusammenbruch Deutschlands ihre beste Vollendung durch die sogenannte Kippbetriebsweise erfahren, die das bisher zur Untersuchung des unteren Kastenabteiles nötige und etwas beschwerliche Abheben des oberen Abteiles entbehrlich machte. Dabei wird dieses Abteil unter gewissen Sicherungen einfach und leicht nach vorn hochgekippt, so daß man das untere Abteil bequem untersuchen kann. Nächste Erfindung der beweglichen Wabe vor etwa 100 Jahren stellt diese Betriebsweise einen ganz großen technischen Fortschritt in der Bienenpflege dar, die in allen Imkerkreisen des In- und Auslandes große berechtigte Beachtung gefunden hat.

Zu der Konstruktion einer vernünftigen Bienenwohnung, deren Rahmenmaß (20 × 40 cm) nach dem Urteil des kundigen schwedischen Fachmannes LUNDGREN geeignet wäre, ein internationales Rahmenmaß zu werden, kam noch die Entdeckung ZANDERS, daß uns in der rohen Karbolsäure in 5 Prozent wässriger Suspension auf einen Tuchlappen gespritzt ein ideales Besänftigungsmittel der Bienen gegeben ist, das den Tabakrauch mehr als ersetzt und das Arbeiten am Bienenstand ganz wesentlich erleichtert. Ein sehr erfahrener Imker sagte mir vor einiger Zeit, daß die Einführung des „Karbollappens“ allein genüge, ZANDER ein Denkmal zu setzen.

Die eigentliche volkswirtschaftliche Bedeutung der Bienenzucht liegt aber weniger in ihren unmittelbaren Erträgen, so ausschlaggebend sie auch für den einzelnen Imker sind. Weitaus wichtiger ist die überragende Rolle, die unsere Honigbienen dank ihrer biologischen Besonderheiten bei der Bestäubung und Befruchtung unserer Obstbäume, Beerensträucher, Ölfrüchte und sonstiger Pflanzen durch die Übertragung des Blütenstaubes auf die Griffelnarben der Frucht- und Samenanlagen spielen. In Anbetracht der geringen Kenntnisse dieser wichtigen Zusammenhänge hat ZANDER forschend, werbend und aufklärend im Sinne CHRISTIAN KONRAD SPRENGELS durch sein ganzes Wirken den mittelbaren Nutzen der Bienenhaltung immer und immer wieder betont und in zahlreichen Schriften darauf hingewiesen; angefangen in der 2. Flugschrift der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie („Die Zukunft der deutschen Bienenzucht“, Paul Parey, 1916), in „Obstbau und Bienenzucht“ (Eugen Ulmer, 1922), in „Die Bedeutung der Bienen für die Frucht- und Samenbildung unserer Nutzpflanzen“ (Erlanger Jahrbuch f. Bienenzucht 1924) bis zur „Bienenkunde im Obstbau“ (Eugen Ulmer, 1930/46, 1.—3. Aufl.).

Ein für die Imkerei sehr wichtiges neues Gebiet wurde von ZANDER erschlossen in der Honigpollenanalyse, die es ermöglicht nach den beim Sammeln durch die Bienen unvermeidlich mit in den Honig gebrachten Blütenstaubkörnern und sonstigen geformten Bestandteilen die Pflanze und geographische Herkunft eines Honigs mikroskopisch einwandfrei festzustellen, was für den Honigmarkt von großem Wert ist und den Herkunftsfälschungen einen Riegel vorschiebt. Viele Jahre hat er sich diesen mühevollen Studien gewidmet, deren Ergebnisse in 3 umfangreichen, mit hunderten von Abbildungen versehenen Bänden (1935, 1937 und 1941) unter dem Titel „Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig“ (Verlag Liedloff, Loth und Michaelis, Leipzig) erschienen sind. Im 3. Band ist auch die vielbeachtete Studie über einen vor 3500 Jahren einer ägyptischen Mumie mit ins Grab gegebenen Honigs abgedruckt, dessen Herkunft nach den Pollenformen zweifelsfrei ermittelt werden konnte. Ein 4. inhaltsreicher Band befindet sich im Druck. Er umfaßt seine letzten Untersuchungen über die von Blättern, Nadeln und Zweigen stammenden Honigtau- oder Waldhonige, deren Herkunftsbestimmung nach den in den Honig geratenen Algen und Pilzgebilden versucht wird.

Auch organisatorisch war ZANDER rastlos tätig und es kostete viele Kämpfe, um von dem einen dunklen Raum, der ihm anfangs zur Verfügung stand, bis zu dem heutigen wundervollen völlig selbständigen Institut (Bayerische Landesanstalt für Bienenzucht) mit dem muster-gültigen Bienengarten zu gelangen. „Der Auftrag war schwer“, schreibt ZANDER in seiner kurzen autobiographischen Skizze¹⁾. —

¹⁾ Mein Lebensweg. Ein kurzer Lebens- und Schaffensbericht. Leipziger Bienenzeitung 62. Jg., Nr. 6, Juni 1948.

Ich bin mir wohl bewußt, daß ich mit meiner kurzen Skizze dem großen Werk ZANDERS, dem die deutsche Bienenzucht so unendlich viel verdankt, und dessen Name mit goldenen Lettern in das Geschichtsbuch der Bienenkunde und Bienenzucht eingeschrieben zu werden verdient, nicht gerecht geworden bin. Dazu brauchte man einen weit größeren Raum. Doch hoffe ich wenigstens einen kleinen Begriff von dem unermüdlichen Schaffen dieses seltenen Mannes gegeben zu haben. Wenn man das Riesenwerk seines Lebens übersieht, das in zahlreichen Büchern und in vielen hunderten von Aufsätzen in Zeitschriften niedergelegt ist, so war diese hohe Leistung nur dadurch möglich, daß dieser Mann jeden Tag schon zwischen 3 und 4 Uhr morgens begann und bis in den späten Abend dauern ließ, daß sein Leben von heiligster Begeisterung für seine Wissenschaft erfüllt war, und daß er trotz aller Genußfreude durch eine vernünftige Lebensweise und Körperpflege auf Erhaltung seiner Gesundheit bedacht war. Wer in seinem 75. Lebensjahr noch soviel heitere Lebensfreude ausstrahlt, wie ZANDER es tut, dessen Leben kann fürwahr als begnadet gelten. Möge es noch lange so bleiben.

Aufruf

Die Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie wird in Kürze ihre Arbeiten wieder aufnehmen. Die Gesellschaft hatte es sich bei der Gründung im Jahre 1913 zur Aufgabe gesetzt, alle an den Fragen der angewandten Entomologie interessierten Kreise zusammenzuschließen und gemeinsam an die immer dringender werdenden, oft recht weitreichenden und komplizierten Probleme heranzutreten und sie zu meistern. Die großen Erfolge, die die Gesellschaft in den 30 Jahren ihres Bestehens erzielt hat, haben den Überlegungen, die den Gründern seinerzeit vorgeschwebt haben, Recht gegeben, daß nämlich

1. entomologische Fragen nur von wissenschaftlich ausgebildeten Fachzoologen bzw. -entomologen zu bearbeiten sind,
2. viel mehr Fachentomologen notwendig sind, um die vielen, oft recht schwierigen Aufgaben zu lösen,
3. die Allgemeinheit viel mehr mit den Gefahren, die von seiten der Insekten drohen, vertraut gemacht werden muß.

Diese Ziele sind in weitgehendem Maße erreicht worden, was sich in der immer besseren biologischen und ökologischen Erkenntnis und im Zusammenhang damit einer wirksameren Bekämpfung der Schädlinge zeigte. Vor dem zweiten Weltkrieg stand die angewandte Entomologie als angesehene, geschlossene Wissenschaft in dem allgemeinen Wissenschaftsgebäude Deutschlands.

Durch die Kriegsverhältnisse wurden die Arbeiten unserer Gesellschaft jäh unterbrochen. Kriegs- und Nachkriegsjahre haben nachdrücklich erwiesen, welch große Bedeutung unserer Gesellschaft zugekommen ist und wie sehr sich der Ausfall ihrer Tätigkeit auf allen Gebieten unseres Lebens fühlbar macht. Darum müssen die Arbeiten sobald als möglich wieder aufgenommen werden.

Es werden daher alle Fachgenossen und interessierten Kreise der Wissenschaft und Praxis zum Beitritt und zur Mitarbeit an den Aufgaben unserer Gesellschaft aufgerufen mitzuhelfen, unsere Kultur und Zivilisation vor dem immer mehr anschwellenden Heer der schädlichen Insekten zu schützen. Zuschriften werden an den Herausgeber der Zeitschrift Prof. Dr. K. ESCHERICH, München 19, Prinzenstraße 26, erbeten.

Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen

Von

Dr. SOPHIA ROEGNER-AUST (München)

Mit 5 Abbildungen

Einleitung

Was sind populationsanalytische Untersuchungen?

Unter dem Begriff der Populationsanalyse (nach JANISCH 1931 bis 1941) verstehen wir die Feststellung des Zustandes, in welchem sich eine Population im Freiland oder im Laboratorium befindet, aus welchen Individuen sie sich zusammensetzt, und wie sich die Individuen innerhalb der Population verhalten. Eine solche Analyse kann auf zweierlei Art und Weise durchgeführt werden. 1. durch Feststellung der Lebenden, bzw. der Lebensfähigkeit, und 2. durch Ermittlung der Toten, bzw. der Sterblichkeit. Den sichtbaren Ausdruck für die Analysen nach Lebenden bieten Schlüpf- und Häutungsfolgen, für die Analysen nach Toten Absterbefolgen und — mit vorliegender Arbeit — Absterbeordnungen. Schlüpf- und Häutungsfolgen einerseits, Absterbefolgen und -ordnungen andererseits vermitteln also ein geschlossenes Bild vom Gesundheitszustand der Population, der — da im Optimum ermittelt — nur von der physiologischen Konstitution der Tiere abhängig ist. Da diese Populationsanalysen, bzw. Gesundheitsprüfungen, zeitlich so früh durchgeführt werden, daß sie beendet sind, ehe das Schlüpfen der Raupen im Walde beginnt, können sie zu einer Prognose nach dem Gesundheitszustand ausgewertet werden, die JANISCH auf Grund seiner Ermittlungen bei Nonnen bereits vorgeschlagen und mit Vergleichen aus der Praxis an Kieferspinnern belegt hatte. WELLENSTEIN (1942) glaubt allerdings, daß JANISCH die praktische Bedeutung der im Laboratorium gewonnenen Züchtungsvergleiche überschätzt, und daß die bei künstlicher Aufzucht gefundenen Feststellungen nicht als grundlegend für die Prognose bezeichnet werden können.

¹⁾ Die Untersuchungen wurden an der Biologischen Reichs-, jetzt Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, und Ausweichstelle Eisgrub (C. S. R.) in der Dienststelle für forstliche Zoologie (Leitung: Oberregierungsrat Dr. E. JANISCH) 1942—1945 durchgeführt.

In einer großangelegten Gemeinschaftsarbeit wurde darum in der Dienststelle für forstliche Zoologie an der Biologischen Reichsanstalt die Frage von Populationsanalysen als Grundlage einer Prognose bei der Schädlingsbekämpfung an einem umfangreichen Nonnenmaterial durchgeprüft. Die Untersuchungen geschahen am gemeinsamen Objekt, die Auswertungen getrennt nach Lebensfähigkeit (WUNDRIG) und der von mir bearbeiteten Sterblichkeit. Die Übereinstimmung der beiden Versuchsrichtungen in ihren Ergebnissen und ihre praktisch-prognostische Bedeutung für das Massenwechselproblem überhaupt wird von JANISCH in einer zusammenfassenden Darstellung gebracht werden.

In vorliegender Arbeit wird also über die Sterblichkeit von Nonnenraupen berichtet und gezeigt, wie Populationsanalysen nach der Sterblichkeit **methodisch** durchzuführen sind. Da die Sterblichkeit durch physiologische Schwäche und Infektionskrankheiten bedingt sein kann, ergab sich die Notwendigkeit, das Studium der Infektionskrankheiten auf breiter Basis aufzunehmen, besonders das der Polyedrie, die an der Sterblichkeit von Nonnenraupen den größten Anteil trägt. Mit der Feststellung ihrer Übertragung im Ei (JANISCH u. ROEGNER-AUST 1943, ROEGNER-AUST 1947, 1948) war dann die Voraussetzung geschaffen, die Infektionskrankheiten populationsanalytisch erfassen zu können, da Populationsanalysen ja nur dem inneren Zustand der Tiere Rechnung tragen. Der nunmehr auf Grund der Sterblichkeit ermittelte Gesundheitszustand ist im praktischen Forstschutz vor allem bei der Bestimmung des Zusammenbruches von Kalamitäten auswertbar, weil dieser in der Hauptsache von den Infektionskrankheiten verursacht wird. Eine Vorherbestimmung des Zusammenbruches war aber mit den bisher gebräuchlichen Methoden einer Prognose nach der Zahl nicht möglich; und so soll es Aufgabe der Prognose nach dem Gesundheitszustand sein, diese Lücke auszufüllen und die Prognose nach der Zahl nicht etwa zu verdrängen, sondern ihr ergänzend an die Seite zu treten.

Auch auf dem Gebiete der experimentellen Forschung haben sich aus den populationsanalytischen Untersuchungsergebnissen Nutzanwendungen ergeben, die im einzelnen im Verlaufe der Arbeit zur Sprache kommen werden.

Material und Methode

Das für die populationsanalytischen Untersuchungen erforderliche Tiermaterial entstammte hauptsächlich einigen Gebieten des Thüringer Waldes, in denen schon seit 1938 eine bedrohliche Nonnenkalamität herrschte. Dies waren die Forstamtsbezirke Dietzhausen, Schleusingen, Suhl und Trostadt. Erstmals im Herbst 1942 erbaten wir uns von dorthier Nonnenraupen und -eier, die uns auch in lebens-

würdiger Weise von den zuständigen Forstmeistern und ihren Revierförstern eingesammelt und zugeschickt wurden¹⁾).

Als Sammelgefäße hatten wir größere Papp- und Blechzylinder vorbereitet, die oben und unten durch einen Deckel geschlossen und deren Wand innen mit einer doppelten Schicht von Drahtgaze ausgekleidet worden waren. Der obere Deckel wurde mit einem zungenförmigen Einschnitt zum Hineinstecken der Falter versehen und das ganze Gefäß vor dem Verschicken sterilisiert. Diese Anordnung entsprach der von JANISCH (1936) entwickelten Methode, Falter aus Laboratoriumszuchten in Kristallisierschalen, in die ein breiter Ring aus Drahtgaze eingelegt worden war, zur Eiablage zu bringen; und ebenso, wie die Falter im Laboratorium ihre Eier hinter die Drahtgaze der Kristallisierschalen ablegten, geschah es auch bei den großen Fanggefäßen im Walde. Nach Beendigung der Sammelaktion wurden die Gefäße dann verklebt und uns durch die Post zugeschickt, wo wir im Laboratorium die inzwischen abgelegten Eier mühelos von der Drahtschicht oder der Gefäßwand ablösen konnten. Diese sehr einfache Methode hat sich ausgezeichnet bewährt und lieferte uns im Herbst 1942 Falter und Eimaterial

1. aus 7 verschiedenen Distrikten des Thüringer Waldes, in denen die Kalamität auf dem Höhepunkt war,
2. aus den beiden Revieren Coswig und Nedlitz im Bezirk Anhalt und aus dem Forstamt Liebenstein/Eger (Sudetenland), wo die Kalamitäten im Abklingen begriffen waren,
3. von der Heeresförsterei Altengrabow, die deshalb besonders interessant erschien, weil sich hier die Kalamität schon seit mehreren Jahren auf derselben Höhe gehalten hatte, und
4. aus dem Grunewald bei Berlin, wo nur ein ganz vereinzeltes Nonnenaufreten zu verzeichnen war.

Im nächsten Jahre, Herbst 1943, wurden die Falter zum größten Teile eigenhändig von uns in den 7 gleichen und 5 weiteren Distrikten des Thüringer Waldes gesammelt; Coswig, Nedlitz, Liebenstein, Altengrabow und Grunewald mußten ausfallen, da kaum noch Falter zu finden waren; neu kam Calvörde/Braunschweig hinzu, wo die Nonne in Vermehrung begriffen war.

Die aus den Fanggefäßen abgesammelten Eier wurden herkunftsweise getrennt bei $+2^{\circ}$ aufbewahrt und nach genügend langer Diapause im Februar der Jahre 1943 und 1944 zu den großen Prüfversuchen angesetzt. Der Ansatz geschah ohne vorherige Desinfektion der Eier über Wasser nach dem von JANISCH (1933) entwickelten

¹⁾ Es sei an dieser Stelle noch einmal allen Herren der einzelnen Forstämter für ihre unermüdliche Unterstützung unserer Sammelaktionen und für ihr lebenswürdiges Entgegenkommen bei unseren häufigen Besuchen und Freilandbeobachtungen auf das herzlichste gedankt, insbesondere dem Forstamt Dietzhausen mit Herrn Forstmeister SPROSSMANN, Herrn Oberförster ZABLER und Herrn Revierförster HARDER.

Dahlemer Zuchtverfahren bei einer optimalen Temperatur von $21,5^{\circ}$ und einer optimalen hohen Luftfeuchtigkeit von 90—95 % (JANISCH 1938 a). Die Prüfversuche des Jahres 1943 konnten noch in Berlin-Dahlem durchgeführt werden, wo gut ausgebaute Klimakammern zur Verfügung standen, die Prüfversuche des Jahres 1944 mußten dagegen in unserer Ausweichstelle Eisgrub in einem selbst hergerichteten thermokonstanten Raum von $21,5^{\circ}$ stattfinden. Trotz der weit primitiveren Verhältnisse konnten die Versuche aber reibungslos durchgeführt werden und waren außerdem durch den Vorteil ausgezeichnet, daß in Eisgrub noch niemals mit Nonnen oder deren Infektionskrankheiten, Polydrie und Schlaffsucht, gearbeitet worden war. Die auschlüpfenden Räumchen wurden in einem Zeitraum von jeweils 24 Stunden in frische Schalen abgesammelt, so daß jede einzelne Zuchtschale 24-Stunden-Tiere enthielt. Als Futter erhielten die jungen Raupen Eicheln (JANISCH 1936), später Eichenblätter oder Fichte. Jeden Tag wurde protokolliert, d. h. jede einzelne Zuchtschale täglich auf gehäutete und tote Tiere untersucht, der ganze Bestand nach Stadien aufgeschrieben, gereinigt und mit neuem Futter versehen. Die toten Tiere kamen zuchtschalenweise getrennt in kleinere Schalen, wurden nach Zuchtschalenummer, Datum und Stadium etikettiert und unter dem Mikroskop auf ihre Todesursache geprüft. Für diese Prüfungen genügte im allgemeinen das Hellfeld, doch wurde bei strittigen Fällen noch zusätzlich das Dunkelfeld oder das neue Phasenkontrastverfahren der Firma Zeiss (nach ZERNIKE) angewandt. Letzteres hat sich, besonders bei der Identifizierung von Bakterien, ausgezeichnet bewährt, da ohne Anfärbung der Objekte im Frischpräparat alle Helligkeitskontraste wesentlich erhöht werden und daher zu einer sichereren Diagnose der Todesursache führen, als dies im gewöhnlichen Hellfeld möglich ist. Bei der Herrichtung eines Frischpräparates toter Raupen wurde ein Stückchen des Raupenkadavers auf einem Objektträger mit einem Glasstab sorgfältig verrieben, mit etwas Wasser versetzt und einem Deckglas bedeckt. Besonders wurde darauf geachtet, daß der Darm nicht verletzt wurde, um bei der späteren Untersuchung Irrtümer durch Darmbakterien möglichst auszuschließen. Bei der Verreibung von Rp. I und teilweise auch noch Rp. II mußte allerdings das ganze Räumchen zerrieben werden, da es hier unmöglich war, ein Gewebestück ohne Darm zu erhalten.

Die Sterblichkeit von Nonnenraupen kann dreierlei verschiedene Ursachen haben. In die erste Gruppe der ohne Befund gestorbenen Tiere gehören diejenigen, die weder Bakterien noch Polyeder erkennen lassen; bei ihnen muß daher als Todesursache eine konstitutionell vorhandene physiologische Schwäche angenommen werden, so daß ihr Befund als Schwächetod bezeichnet wird. In die zweite Gruppe der an Bakterien gestorbenen Tiere werden alle diejenigen Raupen eingeordnet, bei denen ein Überwiegen von Bakterien auf Schlaffsucht (JANISCH 1942) schließen läßt. Da die Bakterienart nicht

immer sicher identifiziert werden kann, ist es selbstverständlich nicht auszuschließen, besonders bei geringem Befall, daß es sich immer um pathogene Bakterien gehandelt hat. Zur dritten Gruppe der an Polyedrie gestorbenen Tiere gehören endlich alle jene, die durch das überwiegende Vorhandensein von Polyedern auf Polyedrie als Todesursache schließen lassen. Da in vielen Fällen Bakterien und Polyeder in Mischinfektion miteinander vorkommen, ist noch eine weitere Gruppe angeschlossen worden, in der die überhaupt vorhandenen Mischinfektionen angegeben sind, ohne Rücksicht auf das Überwiegen eines der beiden Teile, das ja bereits in den Gruppen der an Bakterien und an Polyedrie gestorbenen Raupen zum Ausdruck gekommen ist. Eine solch genaue mikroskopische Analyse ist notwendig, weil das klinische Bild allein keine einwandfreie Diagnose der Todesursache gestattet; denn wie bereits aus den Arbeiten von WAHL und KNOCH (1912, 1922) hervorgegangen und vor allem von JANISCH (1942) näher festgestellt worden ist, sieht eine an Bakterien gestorbene Raupe äußerlich fast genau so aus, wie eine an Polyedrie gestorbene Raupe. Der mikroskopische Befund jeder einzelnen Raupe ist daher unerlässlich, auch wenn die Untersuchung der Tausende von Tieren äußerst mühevoll erscheint. Die Arbeit ist aber zu bewältigen, wenn für eine tägliche Untersuchung der anfallenden Toten Sorge getragen wird und diese Untersuchung immer in den Händen der gleichen eingearbeiteten Hilfskraft bleibt.

Für die Bewertung des Befalls innerhalb der einzelnen Gruppen „Schwäche-“, „Bakterien-“ und „Polyeder-tot“, die bei der Protokollführung mit den kurzen Zeichen: o. B., B und P angegeben wurden, hat sich das übliche fünffache Bewertungsschema gut bewährt.

Es mußte lediglich noch eine sechste Stufe eingeführt werden, um das manchmal ganz vereinzelte Vorkommen von Polyedern oder Bakterien registrieren zu können, für das eine Bezeichnung mit einem Kreuz schon zu hoch gewesen wäre. Für solche Grenzfälle führten wir daher die Bezeichnung Kreuz in Klammern = (+) ein.

Polyeder	Bakterien	Befund
P —	B —	ohne Befund = Schwäche
P (+)	B (+)	ganz vereinzeltes Vorkommen
P +	B +	geringes Vorkommen
P ++	B ++	mittleres Vorkommen
P +++	B +++	starkes Vorkommen
P ++++	B ++++	sehr starkes Vorkommen

Die Befunde der einzelnen Raupen auf Grund der mikroskopischen Prüfung wurden zunächst auf einem einfachen Totenzettel aufgeschrieben und nach Abschluß des Versuches mit roter Tinte in die Protokollzettel hinter die zugehörige abgestorbene Raupe eingetragen, die ja nach Zuchtschalenummer, Datum und Stadium zu identifizieren war. Die fertig abgeschlossenen Protokollzettel enthalten daher alles, was in populationsanalytischer Hinsicht über die Raupenzucht wissenswert erscheint:

Die Anzahl der geschlüpften, d. h. der überhaupt in den Versuch gekommenen Raupen; die nicht geschlüpften Eier lassen sich nach beendetem Ansatz auf unbefruchtete, nicht entwickelte und befruchtete, aber nicht geschlüpfte, Eier auszählen; die täglich vorhandene Anzahl der Lebenden nach Stadien (vgl. WUNDRIG) und der Toten nach Stadien mit ihrer Todesursache, also die Gesamtsterblichkeit einer Herkunft; die prozentuale Menge der an Schwäche, Bakteriosen und an Polyedrie gestorbenen Raupen, wodurch sich ein genaues Bild vom Gesundheitszustand jeder Population gewinnen läßt; außerdem ist feststellbar, welche einzelnen Raupenstadien am krankheitsanfälligsten und für welche der verschiedenen Krankheiten sie am empfänglichsten sind; die Anzahl der überlebenden und toten Puppen, bei letzteren auch die Todesursache, und die Anzahl der überlebenden Falter mit ihrem mikroskopischen Befund, soweit sie nach der Eiablage zerrieben und untersucht worden sind.

Die Auswertung der Protokolle hinsichtlich der Sterblichkeit der Tiere läßt sich in Form von Tabellen und Kurven durchführen. Auf den Tabellen sind in mehreren Rubriken die Zahl der Versuchstiere, die Todesfälle nach Schwäche, Bakterien und Polyedrie, die überhaupt vorkommenden Mischinfektionen, eine Rubrik für die Gesamtsterblichkeit und eine Rubrik für die Anzahl der überlebenden Falter angegeben. Mit Ausnahme der Zahl der Versuchstiere ist alles in Prozenten berechnet, bezogen auf die Zahl der im ganzen Versuch geprüften Raupen. Die toten Puppen sind nicht mit einbezogen.

Bei der graphischen Darstellung sei von nun an unterschieden zwischen Absterbefolge und Absterbeordnung. Die Absterbefolge drückt die laufende Zunahme aller Toten bis zum Ende des Versuches in einer ansteigenden Kurve aus. Die einzelnen Punkte der Kurve geben damit immer die Gesamtsterblichkeit bis zu diesem Tage an.

Als Ergänzung der Absterbefolgen, besonders in prognostischer Hinsicht, hat es sich aber als notwendig erwiesen, nicht nur den dauernden Gesamtzuwachs je Tag zu erfassen, sondern vor allem auch die Anzahl der je Tag anfallenden einzelnen Toten und ihre Verteilung auf die einzelnen Stadien, um sogleich bei Betrachtung der kurvenmäßigen Darstellung erkennen zu können, wo das Schwergewicht der Sterblichkeit liegt. Diese Art der Darstellung, d. h. also die Prozentzahl der Toten je Tag, bezeichne ich von nun an als Absterbeordnung.

Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen müssen daher erkennen lassen:

1. Den allgemeinen natürlichen Gesundheits- bzw. Krankheitszustand,

2. die Art der vorhandenen Krankheiten und den Grad des Befalls, und
3. die Sterblichkeit je Tag, je Stadium und die Gesamtsterblichkeit.

Versuchsergebnisse

1. Herkünfte aus verschiedenen Gebieten

Auf Tabelle 1 sind die einzelnen Herkünfte der beiden Prüfversuche 1943 und 1944 mit ihren Totenprozenten als Ausdruck der Sterblichkeit dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, welche große Unterschiede zwischen den einzelnen Populationen herrschen, so daß kaum eine Herkunft einer anderen gleichgesetzt werden kann. Zeigt doch im Jahre 1943 die Gesamtsterblichkeit eine Variationsbreite von 10,6—97,6% und die Polyedersterblichkeit, die an der Gesamtsterblichkeit meistens den größten Anteil trägt, eine Variationsbreite von 0—82%. Selbst in den gebietsmäßig ganz nahe beieinander liegenden Thüringer Distrikten Keulrod, Oberstadt, Ahlstädt, Schleusingen und

Tabelle 1

Herkunft	Zahl der Tiere	Sterblichkeit %	Gestorben an			Mischinfektionen	Falter %	
			Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %			
1943	Keulrod	128	97,6	0	15,6	82,	55,5	2,4
	Oberstadt	152	79,7	0	11,9	67,8	40,8	20,3
	Ahlstädt	153	66,7	7,2	15,7	43,8	24,2	33,3
	Schleusingen	13	46,2	7,7	23,1	15,4	0	53,8
	Dietzhausen	89	44,9	1,1	13,5	30,3	25,9	55,1
	Lobenstein	47	27,7	4,3	19,1	4,3	2,1	72,3
	Waidmannsheil	91	69,3	4,4	23,1	41,8	35,2	30,7
	Grunewald	14	28,5	0	7,1	21,4	14,3	71,5
	Altengrabow	160	59,4	3,1	22,5	33,8	15	40,6
	Coswig	26	23,1	7,7	15,4	0	0	76,9
	Bedlitz	19	10,6	5,3	5,3	0	0	89,4
	Liebenstein	111	67,5	3,6	13,5	50,4	25,3	32,5
1944	Keulrod (Vogelherd)	115	24,5	0,9	19,2	4,4	17,4	75,5
	Keulrod (Heerleswald)	152	47,5	0	27	20,4	25,7	52,6
	Oberstadt	79	8,8	0	6,3	2,5	7,6	91,2
	Ahlstädt	70	25,7	1,4	20	4,3	18,6	74,3
	Ziegelleite	132	27,3	1,5	16,7	9,1	18,2	72,7
	Schleusingen (82 Mitte)	96	24	0	18,8	5,2	12,5	76
	Schleusingen (82 Rand)	104	22,2	0	16,4	5,8	12,5	77,8
	Dietzhausen (8/114/115)	119	21,8	0	15,1	6,7	18,5	78,2
	Dietzhausen (38, 39)	111	27,9	0	13,5	14,4	15,3	72,1
	Dietzhausen (78)	117	20,5	0	17,1	3,4	15,4	79,5
	Dietzhausen (Gemeindewald)	165	30,9	0,6	22,4	7,9	21,2	69,1
	Calvörde	25	12	0	4	8	4	88

Dietzhausen ist die Gesamtsterblichkeit mit 97,6, 79,7, 66,7, 46,2 und 44,9 ‰ sehr verschieden, desgleichen auch ihre Polyedersterblichkeit mit 82, 67,8 43,8, 15,4 und 30,3 ‰. Die ebenfalls sehr eng benachbarten Gebiete Lobenstein und Waidmannsheil in Thüringen zeigen Unterschiede von 27,7 und 69,3 ‰ in ihrer Gesamtsterblichkeit und 4,3, bzw. 41,8 ‰ in ihrer Polyedersterblichkeit. Im Jahre 1944 ist die Gesamtsterblichkeit bei den 11 Thüringer Herkunftsn und auch bei Calvörde im ganzen geringer, aber ebenfalls sehr variabel, wenn auch die Unterschiede wegen der kleineren Werte (8,8—47,5 ‰ Gesamtsterblichkeit und 2,5—20,4 ‰ Polyedersterblichkeit) nicht so sehr ins Auge fallen wie im Jahre vorher.

Derartige Verschiedenheiten, die in der Zuchtmethod e liegen, sind die Grundlage für die Bewertung des Gesundheitszustandes von Populationen, weil alle Aufzuchten unter den gleichen optimalen Bedingungen durchgeführt worden sind; jede auftretende Sterblichkeit kann also nicht etwa durch äußere Schadfaktoren verursacht worden sein, sondern nur durch die unterschiedliche Konstitution der Tiere. Auf Grund der hier dargelegten unterschiedlichen Sterblichkeit kann daher gesagt werden, daß 1943 die Herkunft Nedlitz mit 10,6 ‰ Toten die gesündeste und die Herkunft Keulrod mit 97,6 ‰ Toten die kränkste war. Im Prüfversuch des Jahres 1944 ist Oberstadt mit 8,8 ‰ Toten am gesündesten und Keulrod/Heerleswald mit 47,5 ‰ Toten am kränksten. Dazwischen gibt es alle Übergänge.

Die tabellarische Darstellung bringt also bereits in einfachster Weise zum Ausdruck, welche Herkunft gesund und welche krank ist. Für eine grobe Populationsanalyse ist sie daher zunächst ausreichend. Um aber feinere Unterschiede herausarbeiten zu können, empfiehlt sich eine Erfassung in Form der kurvenmäßigen Absterbeordnungen und Absterbefolgen. Ich habe daher die vier Thüringer Herkunftsn Keulrod, Oberstadt, Dietzhausen 1943 und Oberstadt 1944 als Beispiele herausgegriffen, und werde an diesen zeigen, wie eine Populationsanalyse an Hand der Absterbeordnungen und Absterbefolgen durchzuführen ist (Abb. 1—4).

Bei allen vier Abbildungen geben die oberen Kurven mit den vielen senkrechten Strichen in Verbindung mit den darunter befindlichen Kästchen die Absterbeordnungen und die unten verlaufenden ansteigenden Kurven die Absterbefolge an. Bei den Absterbeordnungen bedeuten die senkrechten Striche die Anzahl der je Tag gestorbenen Einzeltiere in Prozenten, wobei die an Schwäche gestorbenen Tier durch eine dünn ausgezogene Linie (die bei den gewählten Beispielen allerdings fehlt), die an Bakterien gestorbenen Tiere durch eine gepunktete und die an Polyedrie gestorbenen Tiere durch eine dick ausgezogene Linie dargestellt worden sind. Um einen klaren Ausdruck für die Häufigkeit des Absterbens zu erhalten, wurden die jeweils höchsten Punkte durch eine Kurve verbunden, die nunmehr in allen drei Gruppen ein deutliches Bild von

der allmählichen Zu- und Abnahme der Sterblichkeit je Tag mit einem Maximum am Tage der meisten Toten vermittelt. Die senkrecht nach unten verlaufenden Striche und die dazugehörige verbindende Kurve zeigen die in der Herkunft vorhandenen Mischinfektionen an.

In den darunter befindlichen Kästchen kommt die Sterblichkeit nach Stadien zum Ausdruck. Auf der Abszisse ist jeweils der Zeitraum abgetragen, in dem ein Absterben von Raupen der Stadien I, II, III, IV, V erfolgt, (wobei wir unter Raupen V alle Altraupen verstehen, also auch die Raupen der Stadien VI, VII usw.), und auf der Ordinate die dazugehörige prozentuale Menge der betreffenden Stadien. Die daraus entstehenden Kästchen zeigen auf den ersten Blick, in welchem Stadium der Raupenentwicklung das Schwergewicht der Sterblichkeit liegt, wie z. B. auf Abb. 1 in den Stadien I und V oder auf Abb. 2 nur im Stadium V. Die untere Grenzlinie von Kästchen V gibt gleichzeitig die Gesamtsterblichkeit an. Zur Ergänzung der Kästchen gebe ich auf Tabelle 2 noch einen zusätzlichen zahlenmäßigen Überblick über die prozentuale Verteilung der Todesursachen in den einzelnen Stadien. Diese hätte sich ohne weiteres in die großen

Tabelle 2

Herkunft	Stadium	Anzahl der Toten	Sterb- lichkeit %	Sterb- zeit in Tagen	Gestorben an			Fal- ter %
					Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %	
Keulrod 1943 128 Tiere (zu Abb. 1)	I	41	31,9	2-31	0	11,7	20,2	
	II	17	13,3	18-38	0	3,1	10,2	
	III	21	16,4	23-32	0	0	16,4	
	IV	18	14,1	30-59	0	0,8	13,3	
	V	28	21,9	35-71	0	0	21,9	
	I-V	125	97,6	2-71	0	15,6	82	2,4
Oberstadt 1943 152 Tiere (zu Abb. 2)	I	19	12,5	2-32	0	8,6	3,9	
	II	10	6,6	17-38	0	1,3	5,3	
	III	8	5,2	25-45	0	0,7	4,5	
	IV	16	10,6	28-52	0	0	10,6	
	V	68	44,8	31-65	0	1,3	43,5	
	I-V	121	79,7	2-65	0	11,9	67,8	20,3
Dietzhausen 1943 89 Tiere (zu Abb. 3)	I	7	7,8	2-31	1,1	6,7	0	
	II	2	2,3	21-22	0	2,3	0	
	III	2	2,2	26-38	0	1,1	1,1	
	IV	10	11,3	23-59	0	2,3	9	
	V	19	21,3	38-80	0	1,1	20,2	
	I-V	40	44,9	2-80	1,1	13,5	30,3	44,9
Oberstadt 1944 79 Tiere (zu Abb. 4)	I	3	3,7	4-47	0	3,7	0	
	II	1	1,3	11	0	1,3	0	
	III	0	0	—	0	0	0	
	IV	0	0	—	0	0	0	
	V	3	3,8	42-98	0	1,3	2,5	
	I-V	7	8,8	4-98	0	6,3	2,5	91,2

Kästchen als waagerechte Linien hineinzeichnen lassen, in den kleinen Kästchen jedoch zu einer Verwischung des klaren Bildes geführt. Darum habe ich es vorgezogen, eine gesonderte Tabelle anzufügen, die für die einzelnen Stadien die Anzahl der Toten, ihre prozentuale Sterblichkeit, Sterbezeit in Tagen und den Befund angibt. Die untere Reihe faßt das Ergebnis für alle Stadien zusammen.

Um wieder auf die Abbildungen zurückzukommen, geben die im unteren Drittel dargestellten Absterbefolgen die Summe aller Toten bis zu jedem Tage an. Die dünn ausgezogene Linie stellt die Anzahl der an Schwäche gestorbenen Tiere dar, die gepunktete Kurve die Anzahl der an Schwäche plus der an Bakterien gestorbenen Tiere und die dick ausgezogene Kurve die Anzahl aller Toten, d. h. die an Schwäche gestorbenen Raupen plus der Anzahl der an Bakterien und der Anzahl der an Polyedrie eingegangenen Tiere. Der letzte Punkt der Kurve „Polyeder“ oder „alle tot“ bedeutet damit gleichzeitig wieder die Angabe der Gesamtsterblichkeit, wie schon einmal in der unteren Grenzlinie der Kästchen 5 zum Ausdruck gekommen ist.

Auf Grund der Absterbeordnungen, Absterbefolgen und der Tabelle 2 läßt sich bei den ausgewählten vier Herkunftsorten Keulrod, Oberstadt, Dietzhausen 1943 und Oberstadt 1944 folgende Diagnose aufstellen:

1. Nonne Keulrod / 1943, Abb. 1, Tabelle 2

1.

a) Absterbeordnung

Sterblichkeit an Bakteriosen und Polyedrie, zum Teil in Mischinfektionen.

Bakteriensterblichkeit ziemlich groß, hauptsächlich Sterblichkeit am Anfang der Raupenentwicklung. Maximum am 18. Tage mit 3,9 % Toten je Tag (= gestrichelte Kurve der Absterbeordnung).

Polyedersterblichkeit sehr groß, erstreckt sich nahezu über die ganze Entwicklungszeit. Maximum sehr früh am 23. Tage mit einer Anzahl von 8,6 % Toten je Tag (= dick ausgezogene glatte Kurve der Absterbeordnung).

Maximum der Mischinfektionen am 23. Tage mit einer Anzahl von 7,8 % Toten je Tag (= Strich-Punkt-Kurve der Absterbeordnung nach unten).

Die Zeitdauer der ganzen Raupensterblichkeit umfaßt nur 71 Tage.

Kurven der oberen Darstellung im Vergleich mit Lage und Größe der Kästchen ergeben das Maximum der Sterblichkeit nach Stadium und Ursache: Große Raupensterblichkeit in Stadium I und V, und zwar in I vom 2.—31. Tage mit 11,7 % an Bakteriosen und 20,2 % an Polyedrie, zusammen 31,9 %; in Stadium V vom 35.—71. Tage nur noch an Polyedrie mit 21,9 %; Sterblichkeit der Stadien II, III, IV ebenfalls verhältnismäßig groß, aber nicht so groß wie bei I und V; Maximum der täglichen Polyedersterblichkeit besonders in den Stadien I und II; Gesamtsterblichkeit sehr hoch mit 97,6 %.

b) Absterbefolge

Polyedrie trägt überwiegenden Anteil an der Sterblichkeit, da Kurve „Polyeder“ oder „alle tot“ bereits am 5. Tage einsetzt und bereits am 16. Tage steil nach oben ansteigt. Letzter Punkt drückt wieder die Gesamtsterblichkeit mit 97,6 % aus. *

c) Diagnose

Gesundheitszustand: **sehr krank**, da hohe Gesamtsterblichkeit. Krankheitsursache: Bakterien, vorwiegend Polyedrie. Polyedrie schon sehr zahlreich in frühen Stadien, Sterblichkeit häufig in allen Stadien, größte Sterblichkeit in Stadium I. Absterbezeit mit 71 Tagen verhältnismäßig kurz.

2. Nonne Oberstadt / 1943, Abb. 2, Tabelle 2

a) Absterbeordnung

Sterblichkeit an Bakterien und Polyedrie, zum Teil in Mischinfektionen.

Bakteriensterblichkeit nur gering, erstreckt sich aber über einen längeren Zeitraum (bis zum 56. Tage). Maximum der Bakteriensterblichkeit am 2. und 7. Tage mit je 1,3 % Toten je Tag.

Polyedersterblichkeit groß und nahezu über die ganze Entwicklungszeit verteilt. Maximum am 40. Tage mit einer Anzahl von 5,3 % Toten je Tag.

Absterbezeit nur 65 Tage.

Größte Raupensterblichkeit im Altraupenstadium V vom 31. bis 65. Tage mit insgesamt 44,8 % Toten, davon 43,5 % an Polyedrie gestorbenen. Geringe Sterblichkeit in Stadien I, II, III und IV. Gesamtsterblichkeit hoch mit 79,7 %.

b) Absterbefolge

Polyedrie trägt stärksten Anteil an der Gesamtsterblichkeit, kommt aber erst allmählich zum Ausbruch, wie langsames Ansteigen der Kurve beweist; stärkerer Anstieg erst vom 39. Tage ab bis zu einer Gesamtsterblichkeit von 79,7 %.

c) Diagnose

Gesundheitszustand: **krank**, da ziemlich hohe Gesamtsterblichkeit. Krankheitsursache: vornehmlich Polyedrie. Absterben hauptsächlich im Altraupenstadium V. Kurze Absterbezeit mit 65 Tagen.

3. Nonne Dietzhausen / 1943, Abb. 3, Tabelle 2

a) Absterbeordnung

Sterblichkeit an Bakterien und Polyedrie, zum Teil in Mischinfektionen.

Bakteriensterblichkeit gleichbleibend gering mit mehrfach täglich 1,1 % Toten bis zum 50. Tage.

Polyedersterblichkeit mittelmäßig, Maximum am 38. Tage mit 5,6 % Toten je Tag.

Zeitdauer der ganzen Raupensterblichkeit mit 80 Tagen ziemlich lang.

Größte Raupensterblichkeit im Stadium V mit 21,3 %, davon 20,2 % Polyedrie; geringe Sterblichkeit auf I und IV; sehr geringe Sterblichkeit auf II und III. Gesamtsterblichkeit mittelmäßig mit 44,9 %.

b) Absterbefolge

Geringer Anteil der Bakteriosen und größerer Anteil der Polyedrie an der Gesamtsterblichkeit. Letzter Punkt der Kurve „alle tot“ drückt wieder Gesamtsterblichkeit mit 44,9 % aus.

c) Diagnose

Gesundheitszustand: *kränklich*, da mittelmäßige Gesamtsterblichkeit. Krankheitsursache: vorwiegend Polyedrie. Absterben hauptsächlich im Stadium V; Absterbezeit ziemlich lang mit 80 Tagen.

4. Nonne Oberstadt / 1944, Abb. 4, Tabelle 2

a) Absterbeordnung

Sterblichkeit an Bakteriosen und Polyedrie, zum Teil in Mischinfektionen.

Bakteriensterblichkeit gleichbleibend gering mit fünfmal täglich 1,3 % Toten.

Polyedersterblichkeit sehr gering mit zweimal taglich 1,3 % Toten.

Mischinfektionen gleichbleibend gering mit siebenmal täglich 1,3 % Toten.

Raupensterblichkeit sehr lang mit 98 Tagen.

Ganz geringe Raupensterblichkeit im Stadium I und V, Gesamtsterblichkeit nur 8,8 %.

b) Absterbefolge

Niedrigbleibende Kurve, zusammengesetzt aus der geringen Bakterien- und Polyedersterblichkeit; letzter Punkt der Kurve „alle tot“ ergibt wieder Gesamtsterblichkeit mit 8,8 %.

c) Diagnose

Gesundheitszustand: *gesund*, da sehr geringe Gesamtsterblichkeit. Krankheiten kaum vorhanden. Besonders lange Absterbezeit mit 98 Tagen.

Zwischen diesen zur Darstellung gebrachten Populationsanalysen gibt es nun alle Übergänge, die im einzelnen hier nicht wiedergegeben werden können und zum Teil auch noch weiterer Untersuchungen bedürfen. Hier soll nur mehr noch gezeigt werden, wie derartige im Laboratorium ermittelte Analysen des Gesundheitszustandes von Populationen in der Praxis auf die von JANISCH entwickelte Prognose nach dem Gesundheitszustand anzuwenden sind.

Mit den bisher allgemein gebräuchlichen Methoden einer Prognose nach der Zahl, die bei der Nonne durch die von WELLENSTEIN (1942) der Praxis übergebenen Puppenhülzensuche zu einem geschlossenen

Ganzen geworden ist, konnte für diesen Schädling der zahlenmäßige Befall bereits in gut angenäherten Werten festgestellt und für den Verlauf des Massenwechsels prognostisch ausgewertet werden. Eine Lücke blieb jedoch offen, die WELLENSTEIN (1942) selbst mit folgenden Worten charakterisierte: „Schwierigkeiten macht lediglich die richtige Beurteilung des Zusammenbruchjahres, da unter den verschiedenen Sterblichkeitsursachen die seuchenartigen Übervölkerungskrankheiten (Wipfelkrankheit, Bakteriosen und insektentötende Pilze) prognostisch noch nicht erfaßbar sind“ (S. 478, 1942). Diesem Mangel sollte mit den vorliegenden Untersuchungen abgeholfen werden, da eine Populationsanalyse nach der Sterblichkeit die beiden Infektionskrankheiten Schlaffsucht (Bakteriosen) und Polyedrie bereits vor dem Schlüpfen der jungen Raupen im Walde erfaßt und damit für eine Prognose noch des gleichen Jahres verwendbar macht.

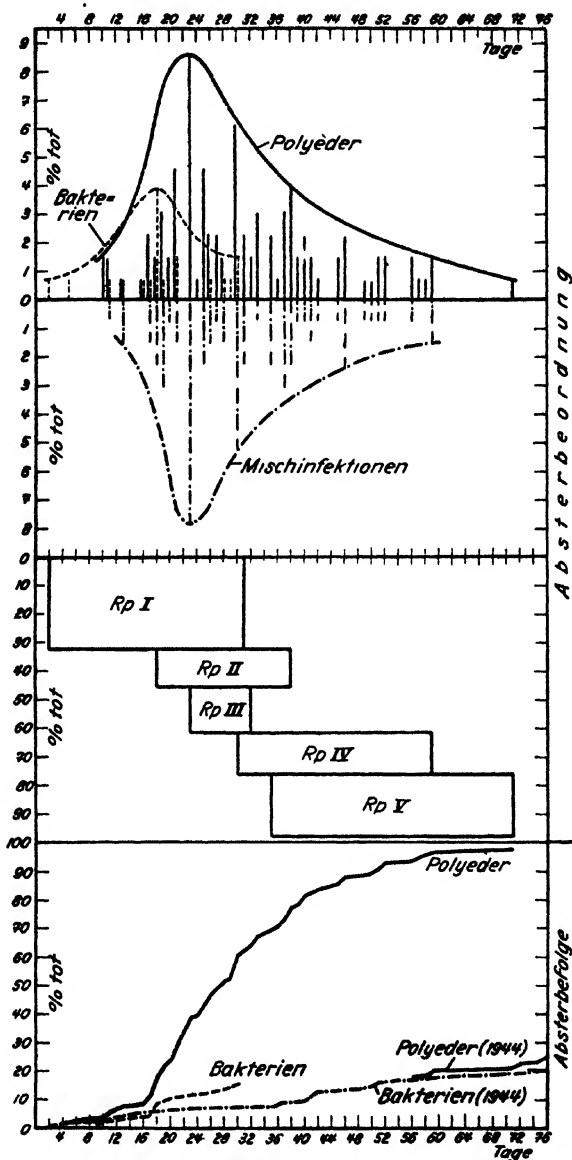


Abb. 1. Nonne Keulrod, Prüfversuch 1943 und Absterbefolge 1944

Zu den ausgewählten vier Herkunftsn ist in dieser Hinsicht folgendes zu sagen: Bei der sehr kranken Herkunft Keulrod/1943

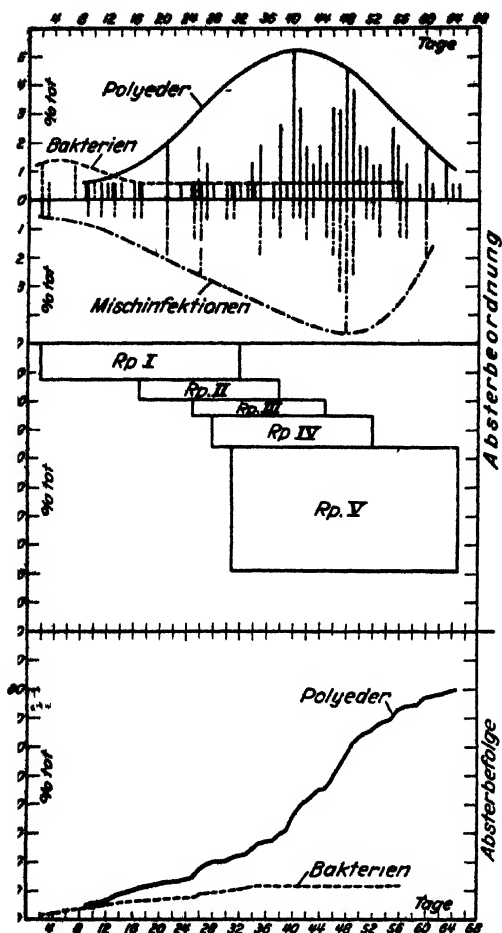


Abb. 2. Nonne Oberstadt, Prüfversuch 1943

(Abb. 1) ist wegen der hohen fast hundertprozentigen Gesamtsterblichkeit der Zusammenbruch der Kalamität im gleichen Jahre zu erwarten, und zwar dürfte dieser Zusammenbruch in den Jugendstadien der Raupenentwicklung liegen, weil die Populationsanalyse eine ausgesprochene Jugendsterblichkeit erkennen läßt. Ist aber die Sterblichkeit im Optimum bereits so hoch, wie die Analyse zeigt, dann kann sie im Walde mit seinen wechselnden klimatischen Verhältnissen keinesfalls geringer werden, denn bessere als optimale Verhältnisse kann der Wald nicht bieten. Die Sterblichkeit im Freiland kann höchstens noch größer werden oder noch früher einsetzen, wenn ungünstige Außenfaktoren hinzutreten, aber geringer werden kann sie nicht. Darum ist bei einer Population mit solch hoher und ausgesprochener Jugendsterblichkeit die Gefahr für den Wald nur mäßig, weil der größte Teil der Raupen bereits stirbt, ehe der starke Fraß der höheren Stadien einsetzt. Gewiß bleibt ein größerer Restbestand an Raupen übrig und erreicht das Stadium V, doch dürfte ihre Zahl wohl kaum mehr ausreichend sein, um dem Walde ernstlich Schaden zuzufügen. Bei einer Population mit solch hoher Jugendsterblichkeit erscheint eine chemische Bekämpfung daher überflüssig. Freilandvergleiche im Herbst 1943 haben diese experimentell ermittelten Erwartungen bestätigt, denn es waren — im Gegensatz zum Jahre vorher — kaum noch Falter zu finden, so daß der Zusammenbruch erfolgt sein mußte, und es waren nirgends Spuren von Kahlfraß zu entdecken.

Anders liegen die Verhältnisse bei der ebenfalls sehr kranken Herkunft Oberstadt/1943 (Abb. 2). Auch hier ist die Gesamtsterblichkeit sehr hoch und der Zusammenbruch im gleichen Jahre zu erwarten. Aber die Zeit der größten Sterblichkeit liegt erst im Altraupenstadium V. Bei Oberstadt ist darum im Gegensatz zu Keulrod die

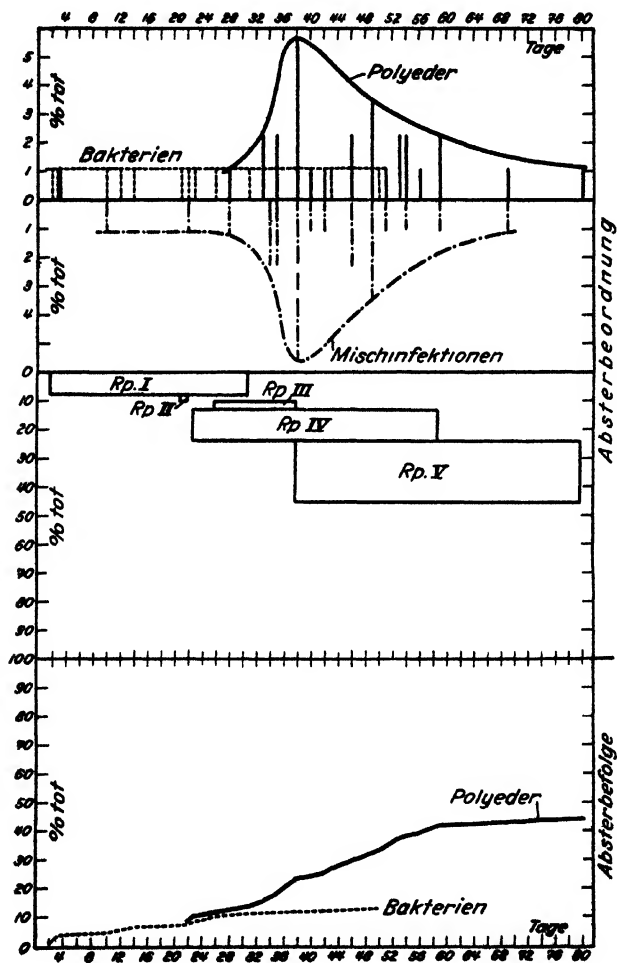


Abb. 8. Nonne Dietzhansen, Prüferwuche 1948

Gefahr eines Kahlfraßes für den Wald viel größer, weil die Raupen bis zum Stadium V bereits soviel gefressen haben können, daß ihr dann einsetzender Tod für den Wald keine Rettung mehr bedeutet. Bei einer solchen Population mit hoher Sterblichkeit erst im Altraupenstadium sollte deshalb bei genügend großer Zahl der Schädlinge eine Giftbestäubung in Erwägung gezogen werden.

Dies gilt in noch stärkerem Maße für die nur kränkliche Herkunft Dietzhausen/1943 (Abb. 3), die bei ihrer mittleren Sterblichkeit noch keinen Zusammenbruch erwarten läßt, sowie für die gesunde Herkunft Oberstadt/1944 (Abb. 4), wenn eine große Zahl von Schädlingen vorhanden ist. Die Prognose nach dem Gesundheitszustand muß daher immer durch die Prognose nach der Zahl ergänzt werden. Mit beiden

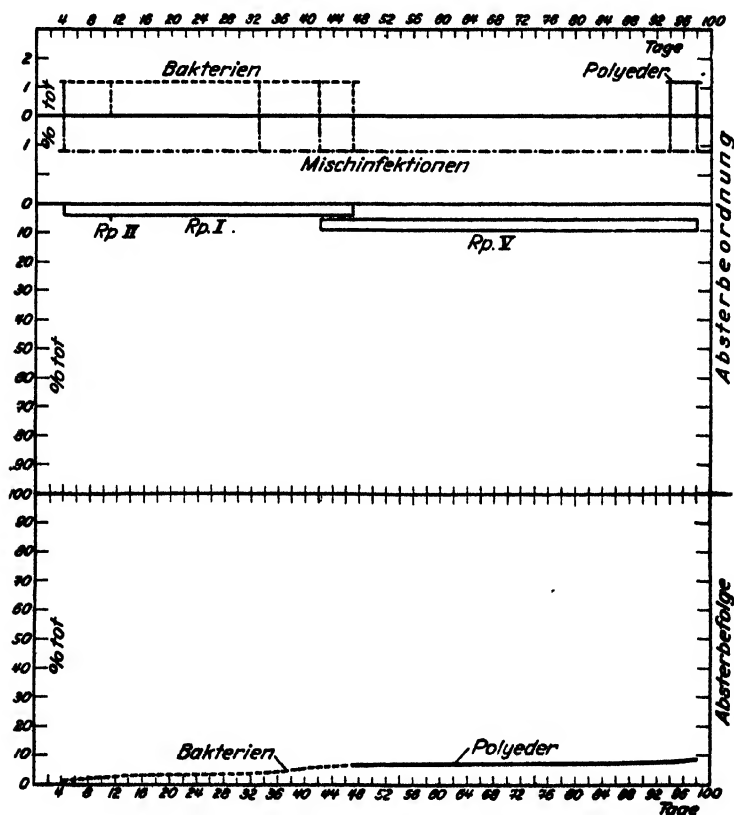


Abb. 4. Nonne Oberstadt, Prüfversuch 1944

Methoden zusammen dürfte dann aber heute die Vorhersage auf einer so breiten Grundlage stehen, daß es bei der Nonne und wahrscheinlich auch bei vielen anderen Schädlingen nunmehr möglich sein müßte, ein geschlossenes Bild vom An- und Abstieg einer Kalamität einschließlich des bisher noch nicht erfaßbaren Zusammenbruches so frühzeitig zu erhalten, daß etwa notwendige Bekämpfungsmaßnahmen rechtzeitig in die Wege geleitet werden können.

2. Herkünfte gleichen Ursprungs in verschiedenen Jahren

Da Populationsanalysen immer unter den gleichen und zwar optimalen äußeren Bedingungen durchgeführt werden, kann man nicht nur Herkünfte des gleichen Jahres miteinander vergleichen, sondern ebenfalls auch Herkünfte verschiedener Jahre. Ich habe daher aus Tabelle 1 die vier Herkünfte Keulrod, Oberstadt, Ahlstädt und Dietzhausen 1943 einmal gesondert mit den ihnen entsprechenden Herkünften des Jahres 1944 auf Tabelle 3 zusammengestellt, da bei diesen

Tabelle 3

	Herkunft	Zahl der Tiere	Sterb- lichkeit ‰	Gestorben an			Misch- infek- tionen	Falter ‰
				Schwäche ‰	Bakterien ‰	Polyedrie ‰		
1943	Keulrod	128	97,6	0	15,6	82	55,5	2,4
	Oberstadt	152	79,7	0	11,9	67,8	40,8	20,3
	Ahlstädt	153	66,7	7,2	15,7	43,8	24,2	33,3
	Dietzhausen	89	44,9	1,1	13,5	30,3	25,9	55,1
1944	Keulrod	115	24,5	0,9	19,2	4,4	17,4	75,5
	Oberstadt	79	8,8	0	6,3	2,5	7,6	91,2
	Ahlstädt	70	25,7	1,4	20	4,3	18,6	74,3
	Dietzhausen	119	21,8	0	15,1	6,7	18,5	78,2

vier Herkünften die Eier in beiden Jahren aus demselben Distrikt gesammelt worden waren. Während die Herkünfte 1943 eine sehr hohe Sterblichkeit erkennen ließen, ist die Sterblichkeit im Jahre 1944 sehr gering. Auffallend ist es, daß in beiden Jahren die Sterblichkeit an Schwäche und an Bakteriosen nahezu gleichbleibend war, während die Polyedersterblichkeit auf ganz geringe Prozentsätze zurückgegangen ist. Die Verschiebung im Gesundheitszustand von Populationen dürfte daher im allgemeinen auf die Polyederkrankheit zurückzuführen sein. Eine Erklärung für die Sterblichkeitsunterschiede beider Jahre kann nur in der Tatsache gesucht werden, daß im Jahre 1943 der größte Teil der kranken und daher geschwächten Raupen entweder ihren Krankheiten oder sonstigen Schadfaktoren erlegen sind, denen die Tiere schwächerer physiologischer Konstitution leichter zum Opfer fallen als gesunde, und daß nur die besten, d. h. kräftigsten überlebend geblieben sind. Es hat somit eine Auslese im negativen Sinne stattgefunden, und diese übriggebliebenen gesunden Tiere können bei genügender Anzahl dann wieder zum Ausgangspunkt einer neuen Kalamität werden, wie wir es in Thüringen 1944 ja auch tatsächlich erlebt haben.

Weit klarer als die Zahlen der Tabelle 3 bringt wieder die graphische Darstellung in Form von Absterbeordnungen und Absterbefolgen zum Ausdruck, wie beträchtlich die Unterschiede der beiden Jahrgänge sind. Für die Herkünfte Oberstadt 1943 und 1944 sind die graphischen Darstellungen bereits auf den Abb. 2 und 4 erfolgt und

die Unterschiede besprochen worden, so daß ich hier darauf verweisen kann. Auf Abb. 1 habe ich aber außerdem noch einen weiteren Vergleich für Keulrod eingetragen, allerdings nur in der Absterbefolge, d. h. im unteren Drittel.

Während im Jahre 1943 ein außerordentlich starkes und sehr frühzeitiges Absterben, besonders an Polyedrie, zu erkennen ist, das in dem sehr frühen und steilen Anstieg der Kurve „alle tot“ bis zu der hohen Gesamtsterblichkeit von 97,6 % zum Ausdruck kommt, zeigt die Absterbefolge von Keulrod 1944 zwar ein etwas stärkeres Absterben an Bakteriosen (Bakterien 1944), aber nur eine ganz geringe und sehr späte Sterblichkeit an Polyedrie (Polyeder 1944), die kaum noch von Bedeutung ist, wie der flache Verlauf und das kleine Stück der Polyederkurve deutlich sehen lassen. Auch steht die Gesamtsterblichkeit mit 24,4 % im Jahre 1944 in keinem Verhältnis mehr zu der hohen Gesamtsterblichkeit von 97,7 % im Jahre 1943.

Diese Herkunft Keulrod 1944 ist mithin gesund, während Keulrod 1943 ausgesprochen krank war, was an Hand der Absterbefolgen mit den kurzen Worten angegeben werden kann:

gesunde Herkunft = flacher Kurvenverlauf, niedriger Endwert,

krankte Herkunft = stark ansteigender Kurvenverlauf und hoher Endwert.

In den Thüringer Herkünften des Jahres 1943 und 1944 entsprach die Verschiebung im Gesundheitszustand beider Jahre einer Verbesserung der Tiere 1944 gegenüber denen von 1943. Eine solche Verbesserung wird wohl immer dann eintreten, wenn eine Kalamität zusammengebrochen ist. In diesem Falle sind ja alle kranken und schwächlichen Tiere durch Schwäche oder Infektionskrankheiten vernichtet worden und nur die gesunden Tiere übriggeblieben. Die Verseuchung der kommenden Generation muß daher gering und die Sterblichkeit entsprechend niedrig sein. Wird aber dann infolge günstiger Außenfaktoren wieder eine neue Kalamität ausgelöst, dann müßte mit der stärkeren allgemeinen Vermehrung auch wieder eine Zunahme der Verseuchung eintreten, weil durch die günstigen Außenfaktoren, die die Kalamität auslösen, ja auch alle schwächlichen Raupen zur Entwicklung kommen und im Verlaufe des Massenwechsels zu einer Verschlechterung der allgemeinen Konstitution der Tiere führen. WELLENSTEIN (1942) und auch MORS (1942) konnten dies bereits aus Freilandbeobachtungen feststellen, da mit zunehmendem Massenwechsel eine Verringerung des Weibchenanteiles, aber Zunahme von verkrüppelten Puppen und verkümmerten Schmetterlingen und Zunahme der allgemeinen Sterblichkeit zu beobachten war; und schon ZWÖLFER (1934) gibt an, daß bei Laboratoriumszuchten gleicher Herkunft, die unter gleichen Zuchtbedingungen in zwei aufeinanderfolgenden Jahren aufgezogen worden waren, bei den Raupen des ersten Jahres, die einer ansteigenden Massenvermehrung entstammten, eine viel geringere Sterblichkeit zu verzeichnen war, als bei den Raupen des zweiten

Jahres, die aus dem Höhepunkt der Kalamität hervorgegangen waren. Diese Beobachtungen und Ergebnisse entsprechen voll und ganz dem Bild, das ich aus meinen Versuchen gewonnen habe, daß also der Gesundheitszustand einer Population in aufeinanderfolgenden Jahren ganz verschieden sein kann, und daß der Zusammenbruch einer Massenvermehrung gleichbedeutend ist mit einer Verbesserung des Gesundheitszustandes, woraus der umgekehrte Vorgang einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes bei ansteigender Massenvermehrung gefolgt werden muß.

3. Gleiche Herkünfte in gleichen Jahren

Während die bisherigen Feststellungen dieser Arbeit über die Verschiedenheit des Gesundheitszustandes von Nonnenherkünften gleicher und aufeinanderfolgender Jahre hauptsächlich für die praktische Prognose von Bedeutung waren, sind die nunmehr zu besprechenden Untersuchungen über die Veränderung des Gesundheitszustandes im Verlaufe ein und desselben Jahres vor allem wichtig für die Durchführung von experimentellen Forschungen im Laboratorium. Es galt nämlich festzustellen, ob Eier, die im Kühlschrank überlagert haben, zu jeder Zeit des Jahres gleichwertiges Versuchsmaterial ergeben, oder ob bei längerem Überlagern Schädigungen entstehen, die die Eier für Versuchszwecke mehr oder minder untauglich machen.

Von einigen Herkünften wurde darum außer dem früh angesetzten Prüfversuch noch eine weitere Aufzucht zu einem späteren Termin herangezogen. Tabelle 4 bringt eine derartige Versuchsserie mit Nonnen aus Oberstadt, die bei ihrem frühen Ansatz vom 16. Februar

Tabelle 4

Herkunft	Stadium	Anzahl der Toten	Sterb- lichkeit %	Sterbe- zeit in Tagen	Gestorben an			Fäl- ter %
					Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %	
Oberstadt 1944 79 Tiere angesetzt am 16. 2. 44	I	3	3,7	4—47	0	3,7	0	
	II	1	1,3	11	0	1,3	0	
	III	0	0	—	0	0	0	
	IV	0	0	—	0	0	0	
	V	3	3,8	42—98	0	1,3	2,5	
	I—V	7	8,8	4—98	0	6,3	2,5	91,2
Oberstadt 1944 99 Tiere geschlüpft am 10. 7. 44	I	91	91,9	4—15	33,3	29,3	29,3	
	II	5	5,1	12—22	0	5,1	0	
	III	1	1	18	1	0	0	
	IV	0	0	—	0	0	0	
	V	0	0	—	0	0	0	
	I—V	97	98	4—22	34,3	34,4	29,3	2

1944 mit der geringen Gesamtsterblichkeit von 8,8% die gesündeste Herkunft des Jahres 1944 war, wie bereits mehrfach in anderem Zusammenhange zur Sprache kam. Beim späten Ansatz vom 10. Juli

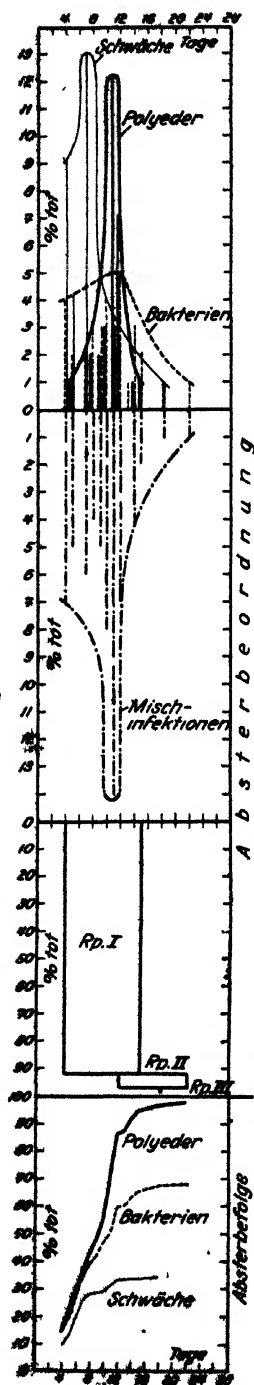


Abb. 5. Normale Oberstadt, 1944
Reichmann

1944 stieg die Gesamtsterblichkeit jedoch auf 98% an. Auffallend war dabei die Zunahme der Schwächetoten von 0 auf 34,3%. Aber auch die Bakteriosen und die Polyedrie als Infektionskrankheiten stiegen auf sehr viel höhere Werte an. Die gleiche Herkunft Oberstadt, die beim Frühansatz einen durchaus gesunden Eindruck machte, erschien bei einem wenige Monate späteren Ansatz ausgesprochen krank. Diese Verschlechterung des Gesundheitszustandes konnte nur auf die lange Überlagerung der Eier im Kühlschrank zurückgeführt werden, die eine Schwächung des physiologischen Zustandes der jungen Räumchen schon im Ei zur Folge gehabt haben mußte. Betrachten wir uns nämlich einmal die Stadien, in denen das größte Absterben beim späten Ansatz stattfindet, so sehen wir, daß das Schwergewicht der Sterblichkeit im Stadium I liegt, in welchem 91 von 99 Raupen zugrundegegangen sind. Da diese auffallenden Veränderungen graphisch noch viel deutlicher in Erscheinung treten, wurde auf Abb. 5 die Sterblichkeit der Herkunft Oberstadt vom 10. Juli 1944 noch einmal kurvenmäßig dargestellt. In der Absterbeordnung fällt vor allem der starke Anteil der Schwächetoten auf, deren Sterblichkeit sich auf ganz wenige Tage zusammen-drängt und daher zu einem besonders frühen und hohen Maximum hinführt. Soweit die Tiere nicht an Schwäche eingegangen sind, wurden sie dann von den Infektionskrankheiten dahingerafft. Auch dieses Absterben findet in frühester Jugend statt, da infolge ihrer geschwächten Konstitution bei den Raupen keine Widerstandskraft mehr vorhanden ist, um den Krankheitskeimen entgegenzuwirken. In den Kästchen der Absterbeordnung kommt diese hohe Sterblichkeit im Stadium I womöglich noch viel deutlicher zum Ausdruck, und auch die Absterbefolge zeigt einen entsprechend starken Steilanstieg der Kurven in der Jugend. Ein Vergleich mit der auf Abb. 4 bereits früher dargestellten Herkunft Oberstadt vom 16. Februar 1944 läßt die Verschlechterung

im Gesundheitszustand einer Population bei spätem Ansatz ganz besonders deutlich in Erscheinung treten.

Im gleichen Versuchsgang wurde noch eine zweite relativ gesunde Herkunft geprüft, und zwar die Herkunft Schleusingen, die bei frühem Ansatz eine Gesamtsterblichkeit von 24 % gezeigt hatte. Auch hier nahm die Sterblichkeit nach einem nochmaligen späteren Ansatz am 5. Oktober 1944 auf 100 % Tote zu (Tabelle 5). Da diese spät an-

Tabelle 5

Herkunft	Zahl der Tiere	Stadium	Sterblichkeit %	Gestorben an			Falter %
				Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %	
Schleusingen 1944 angesetzt am 16. 2. 44	96	I—V	24	0	18,8	5,2	76
Schleusingen 1944 angesetzt am 5. 10. 44	55	IV—V	100	3,7	41,8	54,5	0

gesetzte Schleusinger Herkunft aber ursprünglich als Zucht bestimmt und erst vom Stadium IV ab protokollarisch als Kontrolle geführt und mikroskopisch auf Totenbefund untersucht worden war, ist ein exakter Vergleich der Todesursachen im einzelnen hier nicht möglich, wenn auch die vom Stadium IV ab festgestellten Befunde in der Tabelle eingetragen worden sind. Exakt vergleichbar sind in diesem Versuche nur die Werte für die Gesamtsterblichkeit, die von 24 % beim frühen Ansatz auf 100 % beim späten Ansatz angestiegen sind und damit zu demselben Ergebnis geführt haben, wie bei den eben besprochenen Versuchen Oberstadt. Auch hierfür kann wegen des Mangels anderer Schadfaktoren nur die lange Überlagerung der Eier im Kühlschrank verantwortlich gemacht werden, die den physiologi-

Tabelle 6

Herkunft	Stadium	Anzahl der Toten	Sterblichkeit %	Sterbezeit in Tagen	Gestorben an			Falter %
					Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %	
Keulrod 1943 174 Tiere angesetzt am 28. 5. 43	I	163	93,6	2—29	69	20,4	4,2	
	II	6	3,5	31—50	0	0,6	2,9	
	III	3	1,7	32—37	0	0	1,7	
	IV	0	0		0	0	0	
	V	1	0,6	56	0	0,6	0	
	I—V	173	99,4	2—56	69	21,6	8,8	0,6
Dietschhausen 1943 519 Tiere angesetzt am, 28. 5. 43	I	469	90,4	4—30	78	8,3	4,1	
	II	25	4,8	21—36	0,2	1,3	3,3	
	III	19	3,7	27—34	0,2	0,4	3,1	
	IV	1	0,2	17	0	0	0,2	
	V	1	0,2	43	0	0	0,2	
	I—V	515	99,3	4—43	78,4	10	10,9	0,7

schen Zustand der Räupchen im Ei schon auf das schwerste geschädigt hat.

Daß auch andere Schadfaktoren zu einer ähnlich hohen Sterblichkeit in frühester Jugend führen können, zeigen Versuche auf Tabelle 6 mit Raupen aus Keulrod und aus Dietzhausen. Beide Versuche waren als sogenannte Desinfektionsversuche angesetzt worden, bei denen durch äußerliche Beizung der Eier mit bestimmten Desinfektionsmitteln außen anhaftende Krankheitskeime inaktiviert und dadurch gesunde Raupenaufzuchten erhalten werden sollten. (JANISCH 1936, 1942, LETJE 1939, BERGOLD 1942, 1943, ROEGNER-AUST 1947, 1948). Beide Versuche konnten aber nicht als Desinfektionsversuche zu Ende geführt werden, weil der größe Teil der Raupen bereits im Stadium I verendete. Dies waren im Versuch Keulrod 163 von 173 Raupen und im Versuch Dietzhausen 469 von 519 Raupen. In beiden Fällen war die Sterblichkeitsursache hauptsächlich Schwäche, die jedoch bei diesen Aufzuchten nicht durch allzulange Überlagerung der Eier im Khl-schrank verursacht worden sein konnte, da beide Versuche bereits am 28. Mai 1943 angesetzt worden waren, also zu einer Zeit, die noch gerade zum Frühansatz zulässig sein mag. (Eine genaue Grenze der kritischen berlagerungszeit konnte aus Materialmangel und dem mit der Auflösung der Dienststelle im April 1945 zwangsläufig verknüpften Abbruch der Untersuchungen in der C. S. R. nicht mehr ermittelt werden.) Die Raupen beider Versuche waren aber nicht wie sonst mit Eicheln gefüttert worden, sondern mit jungen Apfelblttern, die sehr schnell welkten und sich bräunlich verfärbten. Es mußte daher angenommen werden, daß diese Apfelbltter die Ursache für die hohe Sterblichkeit der Stadien I gewesen sind, und daß mithin schlechte futtermige Behandlung — wohl einfach Hungerwirkung, die sich bei schwächeren Tieren stärker auswirkt — denselben Sterblichkeitseffekt hervorrufen kann, wie lange künstliche Überlagerung der Eier im Khl-schrank. Beides äußert sich in einer frühen und sehr hohen Jugendsterblichkeit. Schon ZWÖLFER (1933) macht in einem anderen Zusammenhange darauf aufmerksam, daß Einzelversuche einer Serie, wie auch als Kontrolle geplante Wiederholungen, möglichst gleichzeitig anzusetzen sind, namentlich beim Arbeiten mit jüngeren Entwicklungsstufen. ZWÖLFER führt als Begründung für diese Forderung den inzwischen eingetretenen Fortschritt in der Entwicklung der Nährpflanze in freier Natur an, wodurch die gleiche Futterbeschaffenheit bei zeitlich auseinanderliegenden Versuchen nicht mehr gesichert sei.

Zum Schluß sei noch gezeigt, wie sich die Kühl-schrank-Überlagerung auf Eier einer kranken Herkunft auswirkt (Tabelle 7). Als Versuchspopulation wurde wieder Keulrod 1943 als krnkste Herkunft des Jahres ausgewählt und am 6. Juli 1943 ein zweites Mal zum Schlüpfen angesetzt. Die Gesamtsterblichkeit blieb mit 96,6 % praktisch gleich, aber die Verteilung der Toten nach ihrer Sterblichkeitsursache erfuhr wieder eine Verschiebung in obiger Richtung; denn

Tabelle 7

Herkunft	Stadium	Anzahl der Toten	Sterb- lichkeit %	Sterbe- zeit in Tagen	Gestorben an			Falter %
					Schwäche %	Bakterien %	Polyedrie %	
Keulrod 1943 128 Tiere angesetzt am 3. 2. 42	I	41	31,9	2—31	0	11,7	20,2	
	II	17	13,3	18—38	0	3,1	10,2	
	III	21	16,4	23—32	0	0	16,4	
	IV	18	14,1	30—59	0	0,8	13,3	
	V	28	21,9	35—71	0	0	21,9	
	I—V	125	97,6	2—71	0	15,6	82	2,4
Keulrod 1943 117 Tiere angesetzt am 6. 7. 43	I	41	35,1	3—32	11,1	15,4	8,6	
	II	15	12,8	11—31	0	3,4	9,4	
	III	11	9,4	24—35	0	1,7	7,7	
	IV	18	15,4	27—45	0	1,7	13,7	
	V	28	23,9	32—62	0	3,4	20,5	
	I—V	113	96,6	3—62	11,1	25,6	59,9	3,4

während beim Frühansatz vom 3. Februar 1943 gar keine Schwäche- und nur wenige Bakterientote vorhanden waren, dafür aber um so mehr Polyedertote, zeigte sich nach spätem Ansatz eine stärkere Zunahme an Schwäche- und Bakterientoten und eine dementsprechende Verringerung der polyedertoten Raupen. Diese Ergebnisse bei einer kranken Herkunft liegen mit den Ermittlungen bei gesunden Herkünften auf gleicher Linie. In beiden Fällen nimmt die Jugendsterblichkeit der Raupen an Schwäche- und Bakterientoten zu. Während dann aber bei gesunden Herkünften auch die Polyedersterblichkeit ansteigen kann — es ist ja ein weiter Spielraum vorhanden — ist dies bei einer von vornherein kranken Herkunft, wie Keulrod, mit ihrer an sich fast hundertprozentigen Sterblichkeit natürlich nicht mehr möglich. Hier kann die Polyedrie zum Schlusse nur noch mit denjenigen Raupen aufräumen, die bisher noch nicht an Schwäche oder den schnell wirkenden Bakterien eingegangen sind. Je höher daher die Anfangssterblichkeit an Schwäche oder Bakteriosen ist, desto geringer wird die Zahl der an Polyedrie verendenden Raupen sein. Dieses wirkt sich sogar schon innerhalb der Sterblichkeit des Stadiums I aus. Während die Polyedersterblichkeit bei Frühansatz noch 20,2 % betrug, ist sie beim späten Ansatz auf 8,6 % zurückgefallen, da der größte Teil der Raupen schon vorher an Schwäche und an Bakteriosen abgestorben ist, ehe die Polyedrie als Krankheit zur Wirkung kommen konnte. Während also bei einer gesunden Herkunft nach Spätansatz eine ausgesprochene allgemeine Zunahme der Sterblichkeit eintreten kann, die mit einer Zunahme der Schwächetoten beginnt und mit einer Zunahme der Polyedertoten endigt, kann sich bei den kranken Herkünften der Spätansatz nur auf eine Verschiebung innerhalb der einzelnen Sparten zugunsten der Schwäche- und der Bakterientoten beschränken. In jedem Falle aber wird ein

beträchtliches Anwachsen von schwächetoten Raupen im Stadium I bemerkbar, das auf eine Schädigung der physiologischen Konstitution der Raupen im Ei durch übermäßig lange Lagerung der Eier im Kühlschrank zurückzuführen ist.

Diese Versuche und ihre Ergebnisse sollten für das zukünftige Arbeiten im Laboratorium Wegweiser werden. Während vielfach bisher im physiologischen Experiment alle Versuchspopulationen in ihrer Bewertung einander gleichgesetzt worden sind, ist das nach den nunmehr gewonnenen Erfahrungen in Zukunft nicht mehr möglich. Es ist ja nicht nur der Gesundheitszustand von Populationen selbst aus nahe benachbarten Gebieten sehr verschieden, nein, auch die Eier gleicher Herkünfte ergeben im Verlaufe eines Jahres immer kränkere Aufzuchten. Aus beidem ergibt sich, daß bei wichtigen Versuchen 1. durch sorgfältige Populationsanalysen vor dem Ansatz eine möglichst gesunde Herkunft ausgewählt werden müßte, damit die Versuche beweiskräftig sind, und daß 2. diese Versuche nur im zeitigen Frühjahr durchgeführt werden sollten, solange die zum Ansatz bestimmten Eier durch ihre Lagerung im Kühlschrank noch keine Schädigung erfahren haben. Beide Gesichtspunkte sind wichtig für die Beurteilung der Infektiosität eines Krankheitserregers oder für die Wirksamkeit eines Giftmittels. Nur bei einer nachweislich gesunden Versuchspopulation können ja die eintretenden Todesfälle auf den eingeführten Krankheitserreger oder das Giftmittel zurückgeführt werden, wobei ich vor allem an Infektionsversuche bei Nonnen und anderen Raupen mit der Polyederkrankheit denke, da deren inzwischen nachgewiesene Übertragung im Ei (JANISCH und ROEGNER-AUST 1943, ROEGNER-AUST 1947, 1948) wahrscheinlich sämtliche Raupenpopulationen mehr oder minder verseucht sein läßt. Ich habe ja auch in allen Nonnenpopulationsanalysen das Auftreten von Polyedrie — und sei es auch nur in einem sehr geringen Maße — feststellen müssen. Selbst bei Seidenraupen, die seit vielen Jahren keinen klinischen Fall von Gelbsucht hatten erkennen lassen, konnte in den Zellkernen der Blutzellen fast aller Raupen die leuchtende Ringzone mit den ersten Anfängen der Polyederbildung nachgewiesen werden (ROEGNER-AUST 1947, 1948), so daß das Vorkommen wirklich gesunder Herkünfte stark bezweifelt werden muß. Wahrscheinlich werden Polyedrie und auch die Bakteriosen immer in den Tieren vorhanden sein, wenn sie auch nicht immer zum Ausbruch zu kommen brauchen; und es wäre demnach vielleicht richtiger, gar nicht von gesunden, sondern nur von latent kranken Herkünften zu sprechen. In einem solchen Falle ist aber doppelte Vorsicht geboten, und es sollte daher der natürliche Gesundheitszustand einer Versuchspopulation nach Möglichkeit bekannt sein, wenn Infektions- oder Giftversuche durchgeführt werden, um über die tatsächliche Wirkung eines Krankheitsstoffes oder eines Giftmittels urteilen zu können. Eine natürlich kranke Herkunft wird ja sehr viel stärker in Mitleidenschaft gezogen werden, als eine natür-

lich gesunde, und die erzielte Wirkung dann nicht der tatsächlichen Infektions- oder Giftkraft, sondern zu einem großen Teile nur dem natürlichen Krankheitszustand entsprechen. Mancher Mißerfolg eines im Laboratorium als gut erprobten Mittels bei seiner Anwendung in der Praxis mag darauf zurückzuführen sein. Falls keine vorherige Gesundheitsanalyse hat stattfinden können, dann sollten wenigstens die Kontrollen in Form sorgfältigster Populationsanalysen durchgeführt werden. Die dabei anfallende Mehrarbeit ist gering und steht in keinem Verhältnis zu dem sachlichen Gewinn, der zu erzielen ist. Eine etwa nur am Anfang des Jahres durchgeführte Populationsanalyse hat ja keine Dauergültigkeit, wie nach den Ausführungen im Kapitel 3 zu sehen war; sie muß zu jedem neuen Versuche wiederholt werden, um immer wieder ein Bild über den jeweiligen Gesundheitszustand des benutzten Versuchsmaterials erhalten zu können. Außerdem sollten entscheidende Infektions- und Giftversuche, wie auch Prüfversuche für Prognosen bei Nonnen überhaupt nur im frühen Frühjahr angesetzt werden, da zu dieser Zeit die Eier noch nicht durch allzulange Überlagerung geschädigt sind, sondern in ihrem Gesundheitszustand dem tatsächlichen Gesundheitszustand der Raupen im Walde entsprechen. Bei späteren Ansatzzeiten hat sich der Gesundheitszustand verschlechtert, der natürliche Ausfall an Toten ist immer größer geworden und es ist nun ebensowenig mehr eine Übertragung auf Freilandverhältnisse, als auch wieder eine richtige Beurteilung von Infektions- und Giftkraft möglich.

Während für Infektions- und Giftversuche möglichst gesundes Tiermaterial benötigt wird, sind umgekehrt für Desinfektionsversuche möglichst kranke Herkünfte zu verwenden. Bei Desinfektionsversuchen soll ja, wie schon einmal kurz erwähnt, durch Beizung von Eiern vor ihrem Schlüpfansatz die Oberfläche dieser Eier von allen außen anhaftenden Krankheitskeimen, wie z. B. Polyedern, befreit werden. Gelingt es nach einer solchen Beizung, hundertprozentig gesunde Raupenaufzuchten zu erhalten, dann wäre damit bewiesen, daß die Übertragung der Krankheiten — in diesem Falle der Polyedrie — nur durch Infektion außen am Ei, aber nicht im Ei als Keimesübertragung vor sich ginge. Bei solchen Versuchen wäre eine gesunde Population gar nicht am Platze, weil die Gesundheit der Tiere dann allzuleicht auf die Wirkung des Beizmittels zurückgeführt werden könnte. Hier ist nur eine kranke Herkunft angebracht. Wenn dann nämlich nach Beizung der Eier keine Todesfälle mehr auftreten, dann konnte mit Recht erwiesen sein, daß eine Keimesübertragung hier nicht vorliegt, sondern daß die Polyederkrankheit nur durch äußere Infektion Verbreitung findet. Das benutzte Beizmittel wäre dann wirklich imstande gewesen, völlig gesunde Aufzuchten zu vermitteln. Aber weder JANISCH (1942) noch ROEGNER-AUST (1947, 1948) haben nach Beizung der Eier bei natürlich kranken Nonnenherkünften gesunde Raupenaufzuchten erhalten können, so daß dieses Versuchsergebnis — zu-

sammen mit anderen — als Beweis für die Übertragung des Polyedererregers im Ei herangezogen werden konnte (ROEGNER-AUST 1947, 1948).

Mit diesen Überlegungen über experimentelles physiologisches Arbeiten im Laboratorium und den bereits in Kapitel 1 und 2 besprochenen Nutzenanwendungen auf dem Gebiete der praktischen Prognose dürfte der Wert und die dringende Notwendigkeit von populationsanalytischen Untersuchungen erwiesen worden sein, die noch eine weitere Erhärtung finden werden durch die von WUNDRIG und JANISCH folgenden Veröffentlichungen zu diesem Thema.

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Populationsanalytische Untersuchungen nach der Sterblichkeit dienen zur Erfassung des natürlichen Gesundheitszustandes von Nonnenpopulationen. Die Ermittlungen geschehen im Optimum nach JANISCH (21,5° und 90—95 % relativer Luftfeuchtigkeit) und werden an Hand von tabellarischen und graphischen Absterbeordnungen und Absterbefolgen ausgewertet.
2. Der natürliche Gesundheitszustand von Raupenherkünften ist außerordentlich variabel, wie Aufzuchten aus den verschiedensten Gebieten Deutschlands bewiesen haben. Selbst in Walddistrikten, die ziemlich nahe beieinander liegen, zeigen sich große Unterschiede. Dieses Ergebnis erscheint in der Praxis auswertbar für eine Prognose nach dem Gesundheitszustand, die insbesondere den meist durch Krankheiten verursachten Zusammenbruch einer Kalamität erfassen soll, der durch die übliche Prognose nach der Zahl bisher noch nicht erfaßbar war.
3. Der natürliche Gesundheitszustand jeder einzelnen Herkunft ändert sich von Jahr zu Jahr, wie Aufzuchten gleichen Ursprungs in aufeinanderfolgenden Jahren erkennen ließen. Dabei zeigt sich, daß der Zusammenbruch einer Kalamität eine Verbesserung des Gesundheitszustandes zur Folge hat, weil alle kranken und schwächlichen Tiere ausgemerzt werden. Bei ansteigender Kalamität findet aus den umgekehrten Gründen eine laufende Verschlechterung statt.
4. Der natürliche Gesundheitszustand jeder einzelnen Herkunft bleibt selbst nicht während eines einzigen Jahres gleich, wie Laboratoriumsaufzuchten zu verschiedenen Ansatzterminen in jeweils einem Jahr beweisen konnten. Bei spätem Ansatz nimmt die Sterblichkeit erheblich zu, und zwar besonders in den ersten Raupenstadien. Die Ursache für diese erhöhte Jugendsterblichkeit liegt in der langen Überlagerung der Eier im Kühlschrank, die eine Schwächung der natürlichen physiologischen Konstitution der jungen Raupen im Ei zur Folge hat. Prüfversuche für Prognosen müssen daher im zeitigen Frühjahr angesetzt werden,

solange der natürliche Gesundheitszustand der Herkünfte noch nicht geschädigt ist und dem natürlichen Zustand der Raupen im Walde entspricht. Auch andere wichtige Versuche, wie Infektions- und Giftversuche, sollten nach Möglichkeit im Frühjahr durchgeführt werden, weil später der natürliche Ausfall an Toten immer größer und das Versuchsergebnis immer unsicherer wird.

5. Durch Populationsanalysen lassen sich gesunde Herkünfte für Infektions- und Giftversuche und kranke Herkünfte für Desinfektionsversuche ermitteln.
6. Auch Kontrollen sollten nur in Form von Populationsanalysen durchgeführt werden, um immer dem natürlichen Gesundheitszustand der zum Versuch benutzten Populationen Rechnung tragen zu können.

Schrifttum

- BERGOLD, G., Polyederfreie Insektenzuchten. Die Naturwissenschaften **30**, 1942.
- — Über Polyederkrankheiten bei Insekten, Biologisches Zentralblatt **63**, 1943.
- JANISCH, E., Untersuchungen über die Ökologie und Epidemiologie der Nonne.
1. Die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Arb. Biol. Reichsanstalt **20**, 1933.
 - — Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. Schädlingkunde **12**, 1936.
 - — Die Bedeutung des Optimums für den Massenwechsel forstschädlicher Insekten. Verh. VII. Intern. Kongr. Entom. **3**, 1934, 1938.
 - — Das klimatische Optimum der Nonnenraupe. Mitt. Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft **1938** (a).
 - — Untersuchungen über den Massenwechsel von Schadinsekten. Ztschr. Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) u. Pflanzenschutz **48**, 1938(b).
 - — Massenvermehrung forstlicher Schadinsekten. Dtsch. Forstzeitung **10**, 1941.
 - — Mischinfektionen bei Nonnenraupen. Arb. physiol. ang. Ent. **9**, 1942.
- JANISCH, E. und ROEGNER-AUST, SOPHIA, Der Erreger der Polyederkrankheit bei Nonnenraupen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutz Nr. **2**, 1943.
- MORS, H., Untersuchungen zur Nonnenprognose WELLENSTEINS und die Bedeutung gradologischer Merkmale. In: Die Nonne in Ostpreußen, von G. WELLENSTEIN. 1942.
- ROEGNER-AUST, SOPHIA, Der Infektionsweg bei der Polyederkrankheit der Nonne. Die Naturwissenschaften **34**, 1947.
- — Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne. Ztschr. ang. Ent. **31**, 1949.
- WELLENSTEIN, G., Zum Massenwechsel der Nonne. In: Die Nonne in Ostpreußen. 1942.
- — Überwachung der Nonne und Vorhersage ihrer Massenvermehrung. In: Die Nonne in Ostpreußen. 1942.
- ZWÖLFER, W., Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit.) Ztschr. ang. Ent. **20**, 1933.
- — Die praktische Bedeutung der verbesserten Temperatursummenregel in der Forstentomologie. Verh. Dtsch. Ges. ang. Ent. 1934.
- — Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. Ztschr. ang. Ent. **21**, 1935.

*Aus der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, München
Vorstand: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Demoll*

Einige Beobachtungen über die Wirkung von DDT- und Hexapräparaten auf Fische

Von

Dr. SOPHIA ROEGNER-AUST (München)

1. Zur Wirkung von Gesarol auf Fische

Über die im Pflanzenschutz jetzt viel verwendeten Kontaktinsektizide Dichlor-diphenyl-trichlormethylmethan (DDT) und Hexachlorcyclohexan (666) liegen hinsichtlich ihrer Wirkung auf Fische in der Literatur bisher nur wenige Berichte vor. Diese Frage kann aber unter Umständen bedeutungsvoll werden, wenn bei großen Forstbestäubungen mittels Flugzeug im Walde diese Gifte benutzt und dabei auch fischereiliche Betriebe oder freie Fischgewässer betroffen werden.

Wie WIESMANN (1943, nach RIEMSCHEIDER 1947)¹⁾ mitgeteilt hat, soll Gesarol für Fische harmlos sein. COTTAM u. HIGGINS (1946) beobachteten bei Forstbestäubungen mittels Flugzeug in Ontario und verschiedenen anderen Teilen der USA., daß DDT in Öl gelöst gegenüber Fischen von geringerer Wirksamkeit ist als in Emulsionen, und daß durch Suspensionen wenig Fische getötet werden. BANDT (1946, 1947) berichtete, daß Gesarol als Forstbestäubungsmittel, nicht als Mückenvertilgungsmittel, Fische weit weniger schädigt, als die anderen bisher gebräuchlichen Forstschutzmittel, z. B. Dinitroorthokresole oder Derris/Pyrethrum; seine Versuche mit Barschen und Plötzen ergaben eine Schadwirkung erst bei Aufschlämmungen von 0,014 ‰ und mehr; Fischnährtiere, wie Insektenlarven und Krebstiere, sollen allerdings durch Gesarol leicht in Mitleidenschaft gezogen werden, doch wird dieser Tatsache in Anbetracht der künstlichen Fütterung bei Fischzuchtteichen nicht allzuviel Bedeutung beigemessen, sofern eben die Fische selbst am Leben bleiben. ROHRMOSER (1947) beschrieb Mückenbekämpfungsaktionen mittels DDT in Berlin und den umgebenden Seen, die zu einer äußerst starken Vernichtung der Mücken und ihrer Larven, weniger der Puppen, führten. Von einer Wirkung auf Fische erwähnt er nichts. GÖRZ (1948) berichtete dann über einige Labora-

¹⁾ Die Arbeit von WIESMANN (1943) war mir leider nicht zugänglich.

toriumsversuche mit Gesarol, die er auf Grund einer Notiz der Herstellerfirma GEIGY (Basel) unternommen hat, nach der 0,2prozent. Gesarol beim Goldfisch (*Carassius auratus* L.) und bei der Goldorfe (*Cyprinus orfus* L.) ohne Wirkung sei, wie Versuche der chemischen Fabrik SCHERING, A.-G., Berlin, ergeben hätten. Götz kann diese Angaben für seinen Versuchsfisch *Abramis* nicht bestätigen, da er bereits bei Anwendung von nur 0,001prozent. Spritzgesarol schon nach 24 Stunden bei einigen Fischen schwerwiegende Schädigungen in Form von Gleichgewichtsstörungen erhielt, die bei längerer Fortdauer des Versuches immer deutlicher hervortraten und nach 96 Stunden schließlich zu den ersten Toten führten. Das Sterben zog sich also über einen recht langen Zeitraum hin und entsprach somit den Erfahrungen, die man bei Insekten bereits gemacht hatte. Die nach 96 Stunden noch lebenden Fische kamen in gewöhnliches Wasser zurück, gingen aber trotzdem im Verlaufe der drei nächsten Tage alle ein.

Über entsprechende Versuche mit Hexapräparaten bei Fischen habe ich in der für mich zugänglichen Literatur nur die Angabe gefunden, daß, nach SLADE (1945), Hexamittel gegenüber Fischen eine ähnlich hohe Giftwirkung besitzen, wie bei Insekten. Von den verschiedenen Isomeren des Hexachlorcyclohexans erwies sich insbesondere das Gammaisomer schon bei einer Konzentration von $1/10^6$ ($= 0,0001\%$) als sehr giftig.

Es erschien daher erwünscht, über die Wirkung dieser neuen Kontaktinsektizide auf Fische durch Versuche größeren Umfanges einmal ganz genaue Angaben zu erhalten für den Fall, daß aus der Praxis Schadenersatzansprüche dieser Art gestellt werden würden. Ich habe daher gleichlaufende Versuche mit einem im Handel befindlichen Stäubegesarol (später auch Spritzgesarol) der Firma Spiess & Sohn, Kleinkarlbach über Grünstadt a. d. Weinstraße, und einem noch nicht im Handel befindlichen Hexachlorcyclohexan aus dem chemischen Laboratorium Dr. DIETRICH FRICKHINGER, München, durchgeführt¹⁾. Über die Versuchsergebnisse beider Insektizide werde ich jedoch getrennt berichten und bringe in der vorliegenden Veröffentlichung als erstes die Ergebnisse über den Einfluß von Gesarol auf Fische.

Da es zunächst interessierte, ganz allgemein etwas über das Verhalten von Stäubegesarol, das zur Bekämpfung forstlicher Schädlinge von deutscher Seite zur Zeit vornehmlich verwendet wird, im Wasser zu erfahren, wurden auf die Wasseroberfläche eines $50 \times 30 \times 26,5$ cm großen Versuchsaquariums 80 g Gesarol aufgestäubt. Diese Menge wurde deshalb gewählt, um eine Konzentration von 0,2 ‰ zu erhalten, mit der die Firma Schering, A.-G., Berlin, seinerzeit ihre ersten Versuche bei Goldfischen und Goldorfen durchgeführt hatte. Das aufgestäubte Gesarol verteilte sich sofort über die ganze Wasseroberfläche bis zu den Rändern des Aquariums und bildete hier eine dichte,

¹⁾ Versuche mit E 605 befinden sich jetzt ebenfalls in Bearbeitung.

zusammenhängende Schicht, in der noch größere und kleinere Klumpen des Staubes eingelagert waren. Unmittelbar nach dem Aufstäuben begann es dann in feinsten bis zu gröberen Partikeln abzusinken, so daß das Wasser in kürzester Zeit vollkommen trübe war. Auf dem Boden sammelte es sich in einer entsprechend dicker und dichter werdenden Schicht an. Stäubegesarol geht mit dem Wasser keine echte Lösung ein, sondern stellt nur eine Suspension, d. h. eine Aufschwemmung kolloidal verteilter feinsten Substanzen dar. Besondere Filtrationsversuche, auf die ich später noch zu sprechen komme, dürften diese Beobachtung bestätigen.

Wenn man nunmehr, ausgehend von der Tatsache, daß bei einer Forstbestäubung fließende und stehende Gewässer betroffen werden können, in einem solchen mit Gesarol bestäubten Aquarium den Lüfter einstellt, um Bewegung hineinzubringen, und im Gegensatz dazu ein zweites Aquarium gänzlich ruhig stehen läßt, dann ist im ersten Falle sämtliches Gesarol im Verlaufe von 24—30 Stunden je nach Stärke der Durchlüftung auf den Boden abgesunken und das Wasser wieder klar geworden. Diese Aufklärung beginnt bei der Lüftung als Stelle der stärksten Bewegung und schreitet von hier aus fort durch das ganze Aquarium. Hat sich das Gesarol erst einmal völlig auf dem Boden abgesetzt, dann findet durch die immer nur gleichbleibende Bewegung des Durchlüftens keine weitere Aufwirbelung mehr statt. Beim Einsetzen von Fischen oder Anstellen des Zulaufes erfahren diese Verhältnisse natürlich eine Änderung.

Wesentlich anders verläuft der Prozeß in dem zweiten bewegungslosen Aquarium. Nach einem anfänglichen Absinken feinerer und vor allem gröberer zusammengeklumpter Teilchen bleibt der weitaus größte Teil des aufgestäubten Gesarols hier auf der Wasseroberfläche liegen und bedeckt diese wie mit einer dichten Haut. Das Wasser zwischen oberflächlicher Haut und der den Boden bedeckenden Schicht erscheint vollkommen klar. Dieser Zustand kann wochenlang erhalten bleiben. Ich habe z. B. ein solches Aquarium vier Wochen lang stehen gelassen, und immer noch war es bedeckt von einer zusammenhängenden Gesarolhaut, die allerdings mit der Zeit immer dünner geworden war, weil anscheinend doch ein fortdauerndes, wenn auch nur vereinzelter Absinken des auflagernden Staubes stattgefunden hatte. Bringt man in einem solchen Aquarium oder anderen Versuchsbecken dann aber das Wasser durch Stoß gegen das Becken oder Anstellen des Zulaufes oder auch durch bloßes Überblasen über die Oberfläche in plötzliche starke Bewegung, so sinkt das Gesarol sofort und in großen Mengen zu Boden. Bewegung im Wasser spielt also für das Absinken des Gesarols wohl wegen der dadurch bedingten stärkeren Benetzung eine äußerst wichtige Rolle.

Obige Beobachtung wird verstärkt in einem Aquarium mit Durchfluß. Beträgt dieser z. B. 500 ccm je Minute und werden wiederum 80 g Gesarol aufgestäubt, dann sinken nur 55 g zu Boden, während

45 g hier durch den Abfluß abgesogen werden, wie aus Gewichtsmessungen des sorgfältig luftgetrockneten und kurze Zeit im Trockenschrank bei 30° nachgetrockneten Bodensatzes festgestellt werden konnte. Außerdem war bereits nach einem Verlaufe von 2 Stunden das Wasser wieder klar geworden und kein Gesarol mehr auf der Oberfläche vorhanden, außer einigen kleineren Klumpen, die an den Rändern des Aquariums hängen geblieben waren. Bei einer Durchflußgeschwindigkeit von 500 ccm/min gelangen also im Verlaufe von 2 Stunden nur 56,25 % der aufgestäubten Menge Gesarol ins Wasser und können hier ihre Wirksamkeit entfalten. Es war deshalb festzustellen, ob diese Menge hoch genug war, um bei Fischen Vergiftungsschäden hervorzurufen.

Zu den eigentlichen Fischversuchen standen mir einige der gebräuchlichsten Nutz- und Teichfische zur Verfügung, wie Karpfen (*Cyprinus carpio* L.), Schleien (*Tinca vulgaris* Cuv.) und Regenbogenforellen (*Trutta iridea* W. Gibb.); ferner auch noch Barsche (*Perca fluviatilis* L.), Lauben (*Alburnus lucidus* Heck.) und Bartgrundeln (*Cobitis barbatula* L.), die als sogenanntes „Fischunkraut“ aus verschiedenen Fischgewässern ausgeräumt worden waren. Karpfen, Schleien und Forellen waren meist Jungfische im Alter von einem oder zwei Jahren, bzw. Sommern; einige Regenbogenforellen standen bereits im dritten, Barsche und Lauben im zweiten und die Grundeln alle im ersten Sommer. Zur Charakterisierung der benutzten Fische werden zum Teil die in der allgemeinen Fischereipraxis üblichen Bezeichnungen verwendet, d. h. die großen Anfangsbuchstaben dieser Fische, also für Karpfen K, für Schleien S und für Regenbogenforellen R, während die anderen Fische wie folgt bezeichnet werden: Barsche mit Ba, Lauben mit Lau und Grundeln mit Gru. Das Alter der Fische kommt, wenn besonders vermerkt, in einer angehängten 1, 2 oder 3 zum Ausdruck, so daß ein als K₁ bezeichneter Karpfen beispielsweise ein solcher ist, der im ersten Lebensjahre steht. Kontrolliert wurde nach Möglichkeit laufend, zum mindesten aber alle 12 und 24 Stunden. Unbehandelte Kontrollfische wurden zu jedem Versuch gehalten, werden aber nur dann eigens erwähnt, wenn ein besonderes Verhalten dazu Anlaß gibt.

Die ersten auf Tabelle 1 angegebenen Fischversuche wurden nun zunächst in verhältnismäßig hoch konzentrierten Gesarolaufschwemmungen von 0,5 und 1 % durchgeführt, um überhaupt einmal einen Einblick in die Wirkungsweise dieses Giftes zu erhalten, wenn Fische damit in Berührung kommen. Als Versuchsgefäße dienten Glasbecken von 2 l Inhalt, die künstlich belüftet wurden. Die Temperaturen betrugen 11,5–12°, der pH 6,8–7.

Die Erscheinungen, unter denen diese Fische starben, bestätigten im großen und ganzen den von Götz (1948) geschilderten Vergiftungsvorgang bei *Abramis*, d. h. es traten Gleichgewichtsstörungen zunächst leichter, dann schwerer Art auf und erst nach längerer Zeit der Tod. Die Atemfähigkeit schien auch bei meinen Versuchsfischen nicht gestört,

Tabelle 1

Versuchs- bedingungen	Ein- gesetzte Fische	Leicht geschädigt nach Std.	Schwer geschädigt nach Std.	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesamol 1 % . . . 14. 4. 48	1 S ₁	—	3,00		In Frischwasser umgesetzt, nach etwa 12 Std. scheinbar erholt, nach weiteren 96 Std. wieder dauernde Seitenlage (d. h. schwer geschädigt), nach nochmals 96 Std. tot (insge- samt also nach 207 bzw. 208 Std. tot) Nach 10 Std. aufpräpariert, noch Herztätigkeit: Frequenz ≈ 8/min.
Gesamol 0,5 % . . . 14. 4. 48	1 S ₁	—	4,00		
Gesamol 0,5 % . . . 20. 5. 48	2 S ₁ 1 K ₁	— —	3,30 3,30	9,45	
Gesamol 0,5 % . . . 9. 7. 48	2 Lau 1 K ₁ 2 S ₁	2,00 30,30 7,30	7,30 54,00 19,30	30,30 94,00 176,00	

und die Schwimmfähigkeit an sich war nicht beeinträchtigt. Im einzelnen möchte ich, bei gleitenden Übergängen, drei Phasen im Verlaufe der Vergiftung unterscheiden, die mit „leicht geschädigt“, „schwer geschädigt“ und „tot“ bezeichnet werden sollen. Die „leichte“ Schädigung ist charakterisiert durch anfängliche große Unruhe des Fisches, fluchtähnliche Versuche zur Oberfläche des Wassers und erste Gleichgewichtsstörungen in Form von Taumelbewegungen, d. h. wiederholtem Abkippen zur Seitenlage und Aufrichten zur Normallage. Ein Fisch, der in diesem Zustande in frisches Wasser zurückversetzt wird, vermag sich anscheinend wieder zu erholen, wie einige auf Tabelle 2 angegebene Versuche nachweisen könnten, bei denen sich die nach 1 Stunde in Frischwasser umgesetzten Versuchsfische — eine S₁ mit leichten und zwei Gru mit ganz leichten Schädigungen — wieder erholt haben, jedenfalls ließen sie auch nach 20 weiteren Tagen keine Schädigungen mehr erkennen (Tabelle 2).

Tabelle 2

Versuchs- bedingungen	Ein- gesetzte Fische	Leicht geschädigt nach Std.	Schwer geschädigt nach Std.	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesamol 0,2 % . . . 14. 4. 48 Glasbecken, Lüftung.	1 S ₁	1,00	—	—	In Frischwasser erholt
Gesamol 0,5 % . . . 10. 8. 48 Glasbecken, Lüftung.	2 Gru	1,00	—	—	In Frischwasser erholt
	1 Gru	5,00	—	—	In Frischwasser tot nach 480 Std.
	1 Gru	19,00	—	—	In Frischwasser tot nach 360 Std.
	1 Gru		43,00	—	In Frischwasser tot nach 264 Std.

Mit zunehmender Vergiftung treten diese Gleichgewichtsstörungen immer deutlicher hervor und führen allmählich zum Eintritt einer dauernden Seitenlage des Fisches, aus der er sich zwar hin und wieder, zumal auf Anstoß, aufzurichten vermag, um dann in heftigen Schwimmstößen durch das Becken oder Aquarium zu schnellen, bis ihm aber dieses schließlich auch nicht mehr gelingt. Hinzu kommt, besonders bei den etwas größeren Fischen, z. B. Karpfen, die im zweiten Jahre stehen, daß sich der ganze Körper derartig seitlich abbiegt, daß Kopf- und Schwanzteil schlaff herunterhängen; die Muskulatur des Körpers verfällt demnach einer immer weiter um sich greifenden Lähmung, so daß sie nicht mehr imstande ist, den Körper in seiner normalen gestreckten Lage zu erhalten, geschweige denn, ihn überhaupt noch aufzurichten. In diesem Zustande kann der Fisch, und zwar ganz unabhängig von der Giftkonzentration, noch sehr lange herumschwimmen oder auch ohne jede Fortbewegung im Wasser — meist am Grunde des Aquariums — liegen, wobei konvulsivische Zuckungen der Flossen oder auch heftige Augenbewegungen, wie sie besonders bei Schleien zu beobachten waren, oftmals die einzigen äußeren Anzeichen noch vorhandenen Lebens sind. Fische, die in diesem „schwer“ geschädigten Zustande in frisches Wasser zurückversetzt werden, gehen meist nach wenigen (vgl. Götz 1948), oft aber auch erst nach einer sehr langen Reihe von Versuchstagen unweigerlich ein, selbst wenn sie zwischen- durch auf Stunden einen Eindruck von Gesundheit durch zeitweise Wiedererlangung ihrer aufrechten Körperhaltung erwecken können. Schädigungen dieser Art und diesen Grades sind jetzt nicht mehr reversibel. Dies zeigten bereits die ersten beiden Versuche auf Tabelle 1, ferner drei Fische aus dem zweiten Versuche auf Tabelle 2, und es konnte auch in späteren Versuchen immer wieder festgestellt werden (Tabelle 3, 4 und 7). Besonders eindrucksvoll erscheinen in diesem Zusammenhange die auf Tabelle 2 in der zweiten Versuchsserie erhaltenen Ergebnisse, die eine direkte Abhängigkeit der Sterbezeit von dem im Giftwasser erhaltenen Grad der Schädigung erkennen lassen: bei der am stärksten geschädigten Grundel, die erst nach 43 Stunden Versuchsdauer mit schwersten Vergiftungserscheinungen in gewöhnliches Wasser zurückversetzt wurde, trat der Tod am ersten ein, und zwar nach 264 Stunden, bei der mittelgeschädigten nach 360 Stunden und bei der am wenigsten geschädigten erst nach einem Verlaufe von 480 Stunden, vom Datum des Versuchsbeginnes an gerechnet. Oft ist der Eintritt des Todes bei gesarolvergifteten Fischen rein äußerlich mit Sicherheit nicht zu erkennen. Bei den z. B. auf Tabelle 1 im dritten Versuche aufgeführten beiden Schleien wurde nach einem Versuchsverlauf von 10 Stunden, nachdem die Fische bereits 6 Stunden lang wie leblos am Boden gelegen hatten, der Körper beider Fische aufpräpariert und noch immer Herztätigkeit mit einer Frequenz von $\approx 8/\text{min}$ festgestellt. Das Sterben gesarolvergifteter Fische zieht sich somit auch nach meinen Beobachtungen über einen

sehr langen Zeitraum hin, wobei es mir als besonders wichtig festzuhalten scheint, daß der Tod auch nach Unterbrechung der Gifteinwirkung — also nach Umsetzen in frisches Wasser — oft noch nach einer Zeitdauer eintritt, wo man vielleicht gar nicht mehr mit ihm rechnen möchte, wie die Versuche auf Tabelle 2 mit Sterbezeiten bis zu 480 Stunden nach Versuchsbeginn beweisen konnten. Es wäre demnach für die Parxis denkbar, daß Fischsterben im Anschluß an eine Gesarolverstäubung noch nach so langer Zeit nachträglich auftreten können, daß man kaum mehr geneigt ist, dieses Sterben noch mit der Verstäubung in Zusammenhang zu bringen. In den meisten Fällen bleibt der abgestorbene Fisch am Grunde des Aquariums, bzw. des Versuchsbeckens, in Seitenlage liegen und kommt höchst selten nur nach Eintritt des Todes an die Wasseroberfläche hoch, wie Götz (1948) für *Abramis* beschreiben konnte. Lediglich bei den in meinen Versuchen benutzten einsömmerigen Bartgrundeln, die äußerst empfindlich auf das Vorhandensein von Gesarol im Wasser reagierten, konnte nach dem Absterben oftmals Bauchlage an der Oberfläche des Wassers beobachtet werden. Bei allen anderen Fischen, mit denen ich gearbeitet habe, trat der Tod, von ganz vereinzelt Ausnahmen abgesehen, fast stets in Seitenlage des Fisches, und zwar am Grunde des Aquariums liegend, ein.

Daß auch der physiologische Gesundheitszustand der Fische hinsichtlich ihrer Reaktion auf gesarolvergiftetes Wasser eine wichtige Rolle zu spielen scheint, dürfte aus dem letzten Versuche der Tabelle 1 hervorgehen, der zwar mit der gleichen Konzentration, aber mit älteren Fischen durchgeführt worden ist. Die Versuchsergebnisse hinsichtlich ihres allgemeinen Ablaufes und des Endeffektes sind einander zwar entsprechend, aber die einzelnen Phasen während des Versuchsverlaufes zeitlich sehr viel weiter auseinandergezogen. Eine Erklärung für diese Verzögerung kann wohl nur darin zu suchen sein, daß zu den ersten Versuchen im April 1948 Jungfische nach Beendigung ihrer Winterung herangezogen worden sind, die noch keinerlei Nahrung zu sich genommen hatten und daher sicherlich viel weniger widerstandsfähig gegen die Gifteinwirkung des Gesarols sein konnten, als die im Juli 1948 benutzten vier Monate älteren Fische, welche im Verlaufe dieser Zeit gefressen hatten und zu kräftigen Fischen herangewachsen waren. Von welcher besonderen Bedeutung der jeweilige physiologische Gesundheitszustand von Versuchstieren bei Giftversuchen u. dgl. grundsätzlich ist, hatte ich an Hand von früheren und an anderer Stelle durchgeführten populationsanalytischen Untersuchungen bei Nonnenraupen bereits feststellen können, bei denen ich dieser Frage aus speziell forstzoologischen Erfordernissen eingehend nachgegangen bin (ROEGNER-AUST, ebenda).

Daß auch die geringere Konzentration von 0,2^o/_o entgegen den zuvor erwähnten Ergebnissen der Firma Schering mit Goldfischen und Goldorfen bei anderen Fischen doch zum Tode führen kann, mag

durch einen auf Tabelle 3 angegebenen Versuch bewiesen werden. (Auch Götz 1948).

Tabelle 3

Versuchs- bedingungen	Ein- gesetzte Fische	Leicht geschädigt	Schwer geschädigt	Tot	Weitere Beobachtungen
		nach Std.	nach Std.	nach Std.	
Gesarol 0,2 % . . . Aquarium 50×30×26,5 · Lüftung 7. 7. 48	2 K ₂	54 120	72 216	96 —	Nach 240 Std. in Frisch- wasser umgesetzt, nach weiteren 228 Std. den- noch tot (also nach ins- gesamt 468 Std.)
	2 S ₁	52 72	72 96	192 192	

Während einer der beiden Karpfen nach etwa der gleichen Zeit verendete, wie der auf Tabelle 1 im vierten Versuche bei 0,5 Prozent. Konzentration angeführte, lebte der zweite Karpfen trotz schwerster Schädigungen auch nach 240 Stunden noch. Wegen dieser außergewöhnlichen Widerstandskraft wurde er nunmehr in frisches Wasser umgesetzt um festzustellen, ob er sich vielleicht doch wieder erholen würde. Dies aber war nicht der Fall, obgleich er noch 228 Stunden lebte, wenn auch nur in Seitenlage meist bewegungslos an der Oberfläche des Aquariums oder später am Grunde liegend. Als einzige äußere Lebenszeichen waren schwache Flossen- und Augenzuckungen wahrzunehmen, die mit der Zeit immer seltener wurden. Der eigentliche Tod trat ohne weitere äußerlich erkennbare Merkmale übergangslos ein. — Zum Tode der beiden Schleien wäre noch zu sagen, daß die eine an der Oberfläche des Wassers in Seitenlage schwamm, während die andere, wie üblich, in Seitenlage am Boden lag. —

Aus diesen wenigen bis jetzt durchgeführten Versuchen konnte die toxische Wirksamkeit des Gesarols im Wasser für Fische bereits einwandfrei erwiesen werden. Es ergab sich nunmehr die Frage, wie lange hier wohl diese Wirksamkeit erhalten bleiben mag. Es wurde deshalb ein Versuch auf Dauer angesetzt, bei dem in einem Aquarium mit einer Aufschwemmung von 0,2 % Gesarol zunächst nach 96 und 216 Stunden Fische eingesetzt wurden, und da während dieser Zeit noch nicht das geringste Nachlassen der Giftwirkung festzustellen war, erst wieder nach einem Verlaufe von 624, 788, 1106 und 1490 Stunden, d. h. nach nahezu 4, 5, etwas mehr als 6 und fast 9 Wochen waren (Tabelle 4). Selbst nach diesen langen Zeiträumen hat das Gesarol noch nicht das mindeste an Wirkung eingebüßt, denn die jetzt eingesetzten Fische starben in der gleichen Weise, wie auch die früher eingesetzten, ja sogar innerhalb derselben Spanne Zeit. Der Versuch wird darum fortgesetzt, um zu ermitteln, ob und wann das Wasser sich entgiftet. Für die Praxis dürfte diese Feststellung von Bedeutung sein beispielsweise für Mückenvertilgungen auf lange Sicht: denn es werden nicht nur die im Augenblicke der Bestäubung vorhandenen Mückenlarven und Imagines getötet werden, sondern

auch noch später schlüpfende; andererseits aber müßte z. B. mit äußerster Sorgfalt bei der Wiederbesetzung eines Teiches vorgegangen werden, dessen Fischbestand nachweisbar durch Gesarol geschädigt worden wäre, d. h. unter Erneuerung des Wassers bei ablaßbaren Teichen. bzw. Abwarten bis zur Entgiftung bei nicht ablaßbaren, da bei der anhaltenden Schädigung des Gesarols sonst auch der Neubesatz von vornherein gefährdet wäre. —

Daraus ergibt sich schließlich die wichtigste Frage für die Fischereipraxis bezüglich Einwirkung des Gesarols auf Fische: ob

Tabelle 4

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,2%, Aquarium, Lüftung, 8. 7. 48 pH = 6,8, Temp. 12,5° nach 96 Std.	2 K ₂	88 —	1 K ₂ nach 118 Std. in leicht geschädigtem Zustande in frisches fließendes Wasser (9,5°, pH 6,8) umgesetzt. Nach weiteren 12 Std. scheinbar erholt, da wieder aufrechte Haltung. Nach nochmals 12 Std. wieder Anzeichen leichter Schädigung. Nach weiteren 48 Std. Anzeichen schwerer Schädigung. Nach nochmals 192 Std. tot. (Tod also nach insgesamt 382 Stunden eingetreten)
	3 S ₁	74 — —	2 S ₁ ebenfalls nach 118 Std., aber in schwer geschädigtem Zustande, in frisches, fließendes Wasser umgesetzt, Schwammen nach 24 Std. beide wieder durch das Aquarium, aber ausschließlich in Seitenlage. Nach weiteren 48 Std. beide tot. (Tod also nach insgesamt 190 Std. eingetreten)
	4 Lau	40 (2) ¹⁾ 50 (2)	
nach 118 Std.	14 Gru	36 (4) 72 (4) —	
nach 624 Std.	11 Gru	42 (6) 66 (5)	Versuch nach 81 Std. mit 6 sehr schwer geschädigten Grundeln abgebrochen
nach 788 Std. Temp. = 12,5° pH = 6,8	9 Gru	46 (4) 56 (1) 70 (1) 94 (1) 104 (1) 318 (1)	
nach 1106 Std.	7 Gru	48 (3) 57 (2) 154 (1) 230 (1)	
nach 1490 Std.	2 Gru	40 (1) 64 (1)	

¹⁾ Die eingeklammerten Zahlen geben die Anzahl der gestorbenen Fische an.

nämlich diejenige Menge des Giftstoffes, die bei einer Verstäubung gegen Forstschädlinge im Walde tatsächlich zur Anwendung gelangt, überhaupt eine Schadwirkung auf Fische auszuüben vermag.

Für eine solche Forstbestäubung im Walde werden zur Zeit 50—70 kg Stäubegesarol je Hektar berechnet und mittels Motorverstäuber oder Flugzeug in feinsten Verteilung über den gefährdeten Waldteilen verstäubt. (Von den Amerikanern wird DDT meistens in Öl aufgelöst vernebelt). Diese Menge entspricht 5—7 g des Mittels je 1 qm Fläche. Da meine Versuchsaquarien $50 \times 30 \times 26,5$ cm groß waren und somit eine freie Wasseroberfläche von 1500 qcm besaßen, habe ich mit den dieser Wasseroberfläche entsprechenden Mengen von 0,75 und 1 g (genauer 1,05 g) Gesarol gearbeitet, sowie mit einigen darüber und darunter liegenden Mengen. Insgesamt kamen Suspensionen von 0,0025 ‰ (= 1 g je Aquarium), 0,0019 ‰ (= 0,75 g je Aquarium), 0,001 ‰ (= 0,4 g je Aquarium), 0,0005 ‰ (= 0,2 g je Aquarium), 0,00025 ‰ (= 0,1 g je Aquarium) und 0,0001 ‰ (= 0,04 g je Aquarium) zu Anwendung. Ausgehend wieder von der Überlegung, daß sowohl stehende als auch fließende Gewässer betroffen werden können, habe ich die nun folgenden Versuche zum Teil ohne Durchfluß nur mit Lüftung, zum Teil mit Durchfluß durchgeführt. Tabelle 5 zeigt zunächst einige Versuche dieser Art im Aquarium mit stehendem Wasser.

Tabelle 5

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,0025 ‰ . . . Aquarium, Lüftung 12. 6. 48	3 S ₁	72 (3)	Forellen blieben am Leben und machten auch noch nach 144 Std. einen völlig gesunden Eindruck. Versuch dann abgebrochen
	3 K ₇	72 (2) 120 (1)	
	2 R ₈	—	
Gesarol 0,0025 ‰ . . . Aquarium, Lüftung 16. 7. 48	2 Ba	24 (1) 36 (1)	Versuch nach 105 Std. mit 1 leicht und 5 sehr schwer geschädigten Grundeln abgebrochen
	24 Gru	24 (6)	
		36 (7)	
		48 (4)	
		60 (1) —	

Trotz der hier angewendeten äußerst geringen Konzentration von 0,0025 ‰ starben fast alle Fische ab. Auch bei den Grundeln, die vorzeitig aus dem Versuch herausgenommen werden mußten, darf auf Grund aller nunmehr vorliegenden Erfahrungen als sicher angenommen werden, daß zum mindestens die 5 sehr schwer geschädigten Grundeln auch

noch abgestorben wären, wenn der Versuch bis zum Ende hätte durchgeführt werden können. Eine Ausnahme machten allerdings die beiden großen, dreisömmerigen Regenbogenforellen, die am Leben geblieben sind. Hierfür fehlt zunächst jede sichere Erklärung; aber ich möchte annehmen, daß große und kräftige Fische, wie es diese beiden Regenbogenforellen waren, gegen geringfügige Gesarolmengen sehr viel widerstandsfähiger sind, als kleinere Fische, die daran zugrundegehen. Hier müßten noch ergänzende Versuche mit ausgewachsenen marktfähigen und auch Laichfischen durchgeführt werden, um diese Lücke für die Praxis auszufüllen. (Allerdings läßt das erhaltene Gesamtergebnis [S. 220] ein solches Opfer unnötig erscheinen.)

Tabelle 6 bringt einen ähnlichen Versuch mit einer Aufschwemmung von nur 0,001 ‰ (= 0,4 g Gesarol je Aquarium 50 × 30 × 26,5).

Tabelle 6

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,001 ‰ . . . Aquarium, Lüftung 16. 7. 48	1 Ba 15 Gru	24 24 (1) 36 (3) 48 (1) 72 (1) —	Versuch nach 105 Std. mit 2 sehr schwer geschädigten und 7 gesunden Grundeln abgebrochen

Die Ergebnisse dieses Versuches erscheinen ganz besonders interessant, da die nach 105 Stunden aus dem Versuch herausgenommenen Grundeln zum größten Teile äußerlich nicht die geringsten Schädigungen aufzuweisen hatten. Es mußte daher angenommen werden, daß mit dieser Konzentration die Schädlichkeitsgrenze für Fische erreicht war oder dieser doch sehr nahe kam. Es wurde darum der Versuch nicht nur mit derselben Konzentration noch einmal wiederholt, sondern gleichzeitig auch noch die geringeren Konzentrationen von 0,0005 ‰, 0,00025 ‰ und 0,0001 ‰ zur Anwendung gebracht, um diesen Grenzwert, sofern es sich darum handeln sollte, genauer festzulegen. Ein weiterer Versuch mit der etwas höheren Konzentration von 0,0019 ‰ sollte das Bild vervollständigen (Tabelle 7).

Während die Konzentration von 0,0019 ‰ noch bei allen Fischen zum Tode führte, ist dies bei den geringeren Konzentrationen von 0,001 ‰, 0,0005 ‰, 0,00025 ‰ und 0,0001 ‰ nicht mehr der Fall. Hier stirbt nur noch ein Teil der Fische ab, anscheinend Schwächlinge, bei denen schon geringste schädigende Einflüsse ausreichen, um zum Tode zu führen. Prozentual ausgedrückt beläuft sich die Anzahl der Toten, einschließlich derer, die nachträglich noch im Frischwasser eingegangen sind, auf

Tabelle 7

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,0019 % . . . Aquarium, Lüftung 9. 8. 48	7 Gru	48 (3) 56 (1) 70 (1) 142 (1) 154 (1)	
Gesarol 0,001 % . . . Aquarium, Lüftung 9. 8. 48	7 Gru	56 (1) 70 (4) 108 (1)	Blieb am Leben
Gesarol 0,0005 % . . . Aquarium, Lüftung 9. 8. 48	7 Gru	—	Versuch nach 200 Std. abgebrochen, da alle Fische am Leben geblieben waren, allerdings 2 mit schwerer Schädigung. Diese beiden starben später noch, einer nach insgesamt 214 Std., der andere nach insgesamt 310 Std.
Gesarol 0,001 % . . . Aquarium, Lüftung 16. 8. 48	7 Gru	54 (1) 130 (1) 312 (1) 336 (2)	Versuch nach 336 Std. abgebrochen, da die weiteren Fische gesund blieben
	3 R Brut	312 (1) —	
Gesarol 0,0005 % . . . Aquarium, Lüftung 16. 8. 48	7 Gru	72 (1) 130 (1) 216 (1)	Versuch nach 336 Std. abgebrochen, da alle weiteren Fische gesund blieben
	3 R Brut	225 (1) —	
Gesarol 0,00025 % . . . Aquarium, Lüftung 21. 8. 48	7 Gru	47 (1) 95 (1)	Versuch nach 215 Std. abgebrochen, da alle weiteren Fische gesund blieben
	3 R Brut	—	

Temperatur bei allen Versuchen 10,5°, pH = 6,8—7

100,0 % bei 0,0019 Prozent. Gesarolaufschwemmung (7 Tiere)

70,5 % „ 0,001 „ „ (17 „)

35,2 % „ 0,0005 „ „ (17 „)

20,0 % „ 0,00025 „ „ (10 „)

18,0 % „ 0,0001 „ „ (11 „)

Diese Versuchsergebnisse zeigen eine deutlich absteigende Reihe hinsichtlich der Giftwirkung des Gesarols auf Fische. Laboratoriumsmäßig wäre es nun vielleicht von Interesse gewesen, noch weitere Verdünnungen auszuprobieren, um die absolute Schädlichkeitsgrenze zu erfassen. Für die Praxis lohnt das aber nicht, denn — und hier kann jetzt eine wichtige Schlußfolgerung gezogen werden — bei der Verstäubung von Gesarol in den bisher gebräuchlichen Mengen von

50—70 kg/ha ($= 0,75—1,05 \text{ g/1500 qcm Aquariumwasserfläche} = 0,0019$ bis $0,0025 \text{ ‰}$) dürften, wegen der im allgemeinen sehr viel größeren Wassertiefen der natürlichen Gewässer (Teiche, Seen, Talsperren) im Vergleich zu der Tiefe des Versuchsaquariums (26,5 cm) in den seltensten Fällen diejenigen Giftkonzentrationen zustandekommen, welche notwendig sind, um ernstliche Schädigungen bei Fischen hervorzurufen. Dazu müßten schon bei weitem größere Giftmengen verstäubt werden, als dieses zur Zeit im Walde üblich ist. Ausgeschlossen ist natürlich nicht, daß durch eine unglückselige Verkettung von Umständen (Flugzeugdefekt oder dgl. einerseits, kränkliche oder schwächliche Fische andererseits) einmal ein örtlicher Schaden auftreten kann, aber solche Fälle werden nur vereinzelt sein, falls sie überhaupt vorkommen. Für Teiche und vor allem größere stehende Gewässer, wie Seen und Talsperren, werden auf Grund der nunmehr hier erhaltenen Versuchsergebnisse bei Verstäubungen mit Gesarol im allgemeinen keine unmittelbaren fischereilichen Schädigungen zu befürchten sein, da die Verdünnungen zu groß sein werden, um überhaupt zu Vergiftungen führen zu können. Damit konnten die von BANDT (1946, 1947) aus seinen Versuchen gezogenen Schlußfolgerungen ähnlicher Art, sowie auch die von COTTAM und HIGGINS (1946) berichteten Beobachtungen aus der Praxis bestätigt werden. Auch Herr Prof. ZWÖLFER vom Institut für angewandte Zoologie in München hat mir liebenswürdigerweise bestätigend noch mitgeteilt, daß z. B. 1947 bei der Bekämpfung der Kieferneule im Forstamt Erlangen-West in Karpfenteichen, welche unmittelbar an die dortigen Bekämpfungsquartiere angrenzten, während der ganzen Dauer der Aktion, die sich über nahezu drei Wochen hinzog, keinerlei Anzeichen von Fischsterben oder auch nur einer vorübergehenden direkten Schädigung der Fische zu bemerken waren. Dies galt auch für Jungfische, soweit solche dort vorhanden waren. Da auch späterhin, nach Abschluß der Aktion, von Seiten der Fischereibesitzer oder -Pächter keine Schadenersatzansprüche angemeldet worden sind, war anzunehmen, daß auch weiterhin keine direkten Schäden an den Fischbeständen aufgetreten sind. Versuchsergebnisse und Erfahrungen aus der Praxis stimmen also überein. — Die Schädlichkeitsgrenze an sich liegt allerdings nach meinen Versuchen noch wesentlich tiefer, als die von BANDT (1946) mit $0,014 \text{ ‰}$ für Barsche und Plötzen angegebene, und teilweise auch noch tiefer, als die von GÖTZ (1948) mit $0,001$ prozent. Spritzgesarol für *Abramis* ermittelte.

Es mußte schließlich noch die Wirkung des Gesarols auf Fische in fließenden Gewässern festgestellt werden, wenn diese bei forstlichen Großverstäubungen mitbetroffen werden.

Zu diesem Zwecke wurden Aquarien mit dem sehr langsamen Durchfluß von 500 ccm je Minute mit 1 g Gesarol bestreut, um damit wieder der höchsten der bei Waldverstäubungen üblichen Menge zu entsprechen. Auf Tabelle 8 sind einige Versuche dieser Art zusammengestellt. Um ihren Vergleich mit denen der Tabellen 6 und 7 möglichst einfach zu gestalten,

wurde die bisher bei der Verstäubung von 1 g Gesarol verwendete Angabe der Konzentration von 0,0025 % beibehalten, obwohl ich mir dabei bewußt bin, daß durch das ständige Fließen des Wassers eine solche „Konzentration“ niemals erhalten bleiben kann (vgl. auch S. 210/211). Um die Ergebnisse dieser Versuche vorwegzunehmen, konnte festgestellt werden, daß Verstäubungen von 1 g Gesarol je Versuchsaquarium $50 \times 30 \times 26,5$ cm, welche in stehendem Wasser noch unbedingt tödlich gewirkt haben, in fließendem Wasser keine Gefahr für Fische mehr bedeuten.

Tabelle 8

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Leicht geschädigt	Schwer geschädigt	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,0025 % . Aquarium, Durchfluß, 18. 6. 48	3 S ₁	—	—	208 (1) 280 (1) 304 (1)	Nach 400 Std. Umsetzung der noch lebenden K ₂ und R ₂ in Frischwasser. Nach weiteren 192 Std. Versuch abgebrochen, da beide Fische lebend
	3 K ₂	—	—	120 (1) 328 (1)	
	2 R ₂	—	—	304 (1)	
Gesarol 0,0025 % . Aquarium, Durchfluß, 8. 7. 48	3 Ba	—	—	—	Versuch nach 192 Std. abgebrochen, da Fische gesund
Gesarol 0,0025 % . Aquarium, Durchfluß, 8. 7. 48	3 S ₁	—	—	178 (1) 204 (1) 252 (1)	} Tod durch Verpilzung
	3 S ₂	—	—	96 (1) 144 (1)	
	1 R ₂	—	—	—	S ₂ blieb am Leben R ₂ blieb am Leben
Gesarol 0,0025 % . Aquarium, Durchfluß, 14. 7. 48	10 R Brut	—	—	—	Versuch nach 144 Std. abgebrochen, da Fische gesund

Temperatur bei allen Versuchen 9,5–10°, pH = 6,8

Zu dem ersten auf Tabelle 8 angegebenen Versuch ist im einzelnen zwar zu bemerken, daß fast alle Versuchsfische abgestorben sind, doch trat ihr Tod meist erst nach sehr langer Zeit ein und vor allen Dingen ohne die bei Gesarolvergiftungen sonst als typisch auftretenden Vergiftungserscheinungen, wie sie bisher ausnahmslos beobachtet und eingangs beschrieben werden konnten. Hier konnte demnach keine unmittelbare Gesarolvergiftung vorliegen, sondern es mußten andere Todesursachen bestimmend, zum mindesten mitbestimmend, gewesen sein. Da auch in dem als Kontrolle gehaltenen Bestand wenige Tage später ein großes Sterben einsetzte, verursacht durch verschiedene Hautparasiten, besonders *Costia* und *Cylochaete*, war anzunehmen, daß auch bei den zum Versuch gewählten Fischen bereits eine allge-

meine Schwächung des Gesundheitszustandes durch den Befall mit solchen Parasiten vorgelegen hatte, so daß nunmehr die trotz Durchfluß ins Wasser gelangende geringe Menge Gesarol zu einem etwas schnelleren Absterben führen konnte, als dies bei den Kontrollen der Fall war. Leider ist eine genaue Feststellung der Todesursache unterlassen worden, so daß diese Frage noch einmal nachzuprüfen wäre. Vor allem sollen in diesem Zusammenhange dann auch Versuche durchgeführt werden zum Zwecke der Ermittlung, ob nicht vielleicht durch günstige Dosierungen des Gesarols neue Möglichkeiten zur Bekämpfung von Fischparasiten erschlossen werden könnten, wobei vor allem an den *Ichthyophthirius* zu denken wäre, der dem Aquarienliebhaber oft in solch unerwünschter Weise zu schaffen macht.

Der zweite auf Tabelle 8 angegebene Versuch wurde mit drei Barschen durchgeführt, die sich im durchflußlosen Aquarium bei Konzentrationen von 0,0025 ‰ und auch bei 0,001 ‰ als sehr empfindlich erwiesen hatten, insofern sie dort bereits nach 24—36 Stunden abgestorben waren (vgl. Tabelle 5 und 6). Im fließenden Wasser dagegen, unter sonst gleichen Versuchsbedingungen, lebten sie auch nach 192 Stunden noch, ohne die geringsten Schädigungen aufzuweisen.

Bei dem dritten auf Tabelle 8 angeführten Versuch mit ein- und zweijährigen Schleien und einer dreisömmerigen Regenbogenforelle starben zwar die meisten Fische, mit Ausnahme einer S_2 und einer R_3 ab, aber wiederum erst nach verhältnismäßig langer Zeit und wieder ohne jedes Anzeichen der für Gesarolvergiftung typischen Erscheinungen. Als Todesursache konnte in diesen Fällen einwandfrei eine äußerst starke Verpilzung mit *Saprolegnia* nachgewiesen werden. Diese Fische stammten übrigens von einem Teichgut, wo die übrigen Schleien des gleichen Fanges ebenfalls an Verpilzung eingegangen waren. Auch bei diesem Versuche kann daher von einer Schädigung des Gesarols nicht mehr die Rede sein.

Der vierte auf Tabelle 8 angegebene Versuch zeigt das gleiche Resultat, indem von 10 zum Versuche angesetzten Regenbogenforellen im Stadium der Vorstreckbrut, die im allgemeinen stark auf Gifte reagieren, keine einzige das geringste Anzeichen einer Schädigung erkennen ließ, so daß der Versuch nach einem Verlaufe von 144 Stunden abgebrochen werden konnte.

Aus der Gesamtheit der Versuche auf Tabelle 8 darf mithin gefolgert werden, daß Gesarol bei einer Verstäubung von 1 g je Wasseroberfläche eines Aquariums der Größe $50 \times 30 \times 26,5$ cm bei Durchfluß, selbst wenn dieser nur 500 ccm/min beträgt, keine Gefahr für Fische mehr bedeutet. Zwar müßte eigentlich auf Grund der eingangs erhaltenen Ergebnisse über die im fließenden Wasser absinkende und dabei wirksam werdende Substanzmenge, die mit 56,25 ‰ bei einer Zeitspanne von 2 Stunden ermittelt werden konnte (S. 211), nunmehr bei einer Verstäubung von 1 g Gesarol immer noch eine Menge von

etwas mehr als 0,001 % ins Wasser hineingelangen und hier wirksam werden können, d. h. also, eine Menge, die im stehenden Wasser noch zu 70,5 % Todesfällen geführt hatte (S. 219). Allerdings waren diese erst nach einer Zeit von mindestens 24 Stunden eingetreten und die frühestens beobachtete „schwere“ Schädigung erst nach etwa 12 Stunden Versuchsdauer (auf den Tabellen nicht angeführt!). In eben dieser Tatsache dürfte aber zweifellos der Grund dafür zu finden sein, warum diese an sich tödliche Menge nun nicht mehr zur Auswirkung gelangen kann: die Zeitdauer ihrer möglichen Einwirkung ist im fließenden Wasser einfach zu gering. Dieses Ergebnis, auf die Praxis übertragen, würde aber bedeuten, daß auch bei forstlichen Großverstäubungen im Walde, die mit 50—70 kg/ha durchgeführt werden, in fließenden Gewässern keine Gefahr für den Fischbestand besteht. Ist doch in der Natur die Geschwindigkeit des Wassers meistens eine sehr viel größere und der Prozentsatz des Giftes, der, ohne absinken zu können, hinweggerissen wird, dementsprechend sehr viel höher, so daß die tatsächlich ins Wasser hineingelangende und wirksam werdende Substanz kaum die erforderliche Mindestkonzentration von 0,001—0,0005 % erreichen dürfte, bei denen die auftretenden Todesfälle mit 70,5 und 35,2 % ermittelt werden konnten. Selbst für den Fall, daß etwa eine größere, angenommen 10 km lange, Strecke eines Baches oder anderen Flußlaufes bei einer Großbestäubung mitbetroffen worden wäre, so würde selbst am Endpunkt dieser Strecke kaum Gefahr bestehen, weil dort einfach infolge der hohen Fließgeschwindigkeit des Wassers die Dauer der Einwirkung des Giftes zu kurz wäre, um direkte Schäden herbeiführen zu können. Denn wenn in einem solchen Falle beispielsweise die Geschwindigkeit des Wassers 1 m je Sekunde betragen würde, dann müßten die Fische am Endpunkt dieser Strecke etwa 3 Stunden in dem gesarolbestäubten Wasser schwimmen, bei $v = 1/2$ m/sek. etwa 6 Stunden. Diese Zeiten liegen aber weit hinter den soeben erwähnten 12 bzw. 24 Stunden Schädigungsdauer zurück, so daß auch Bestäubungen über größere Strecken kaum zu unmittelbaren fischereilichen Schädigungen führen werden. Außerdem dürfte auch hier, ebenso wie bei den stehenden Gewässern, die Wassertiefe wohl im allgemeinen wohl größer sein als 26,5 cm, wie sie in meinen Versuchsaquarien gegeben war, so daß auch schon aus diesem Grunde wieder infolge allzu starker Verdünnung der Giftkonzentration sicherlich kein Schaden mehr entstehen wird.

Damit läßt sich zusammenfassend und auch gleichzeitig abschließend behaupten, daß bei forstlichen Großverstäubungen im Walde mit Gesarol in den bisher gebräuchlichen Mengen von 50—70 kg/ha sowohl bei stehenden als auch bei fließenden Gewässern hinsichtlich direkter Schädigungen auf den Fischbestand keine ernsthaften Bedenken geltend gemacht werden können. Trotzdem soll es hier nicht unterlassen werden, eine Mahnung zur vorsichtigen Anwendung in der Nähe von Gewässern auszusprechen, weil ja das Gesarol an sich ein

starkes Gift für Fische darstellt und im Falle einer unglücklichen örtlichen Zusammenballung doch einmal zu Schäden führen könnte, und weil durch eventuelle Vernichtung von Fischnährtieren indirekte Schäden denkbar sind, wie ich später (S. 225) noch ausführen werde.

Erwähnenswert erscheinen schließlich nun noch Filtrationsversuche, auf die bereits eingangs (S. 210) hingewiesen wurde, bei denen eine 0,2prozent. Gesarolaufschwemmung 48 Stunden nach dem Ansatz durch gewöhnliches Filterpapier filtriert und in das Filtrat dann Fische eingesetzt wurden (Tabelle 9).

Tabelle 9

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Leicht geschädigt	Schwer geschädigt	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,2% Ansatz 18. 5. 48 Filtriert 20. 5. 48 Fische in Filtrat am 21. 5. 48 Glasbecken, Lüftg.	2 S ₁	—	—	— 240	S ₁ ohne Schädigung nach 96 Std. in Frischwasser umgesetzt, blieb gesund
Gesarol 0,2% Ansatz 14. 7. 48 Filtriert 16. 7. 48 Fische in Filtrat am 16. 7. 48 Glasbecken, Lüftg.	10 Gru	—	—	—	Versuch nach 120 Std. abgebrochen, da keinerlei Schädigung

Das Ergebnis dieser Versuche ist auffallend, da von insgesamt 12 Fischen, die in die Filtrate eingesetzt worden sind, nur ein einziger gestorben ist, und dieser wieder ohne die für Gesarol charakteristischen Vergiftungserscheinungen. Ein Testversuch mit Stubenfliegen (nach EMMEL und KRÜPE 1946), der bei diesem Fisch zum ersten Male an verschiedenen herauspräparierten Organen zum Nachweis des Gesarols im Körper durchgeführt werden konnte, verlief völlig negativ. Die Filtrate können daher nicht mehr giftig gewesen sein, weil bei der benutzten hohen Konzentration von 0,2% andernfalls kein einziger Fisch am Leben geblieben wäre, vor allem nicht von den empfindlich reagierenden Bartgrundeln. Es muß daraus gefolgert werden, daß die im Gesarol in einem Anteil von 5% enthaltene giftige = „wirksame“ Substanz (Pentachlordiphenyläthan) so eng an den übrigen staubartigen Füllstoff (Talcum, Kaolin) gebunden ist, daß sie beim Abfiltrieren dieses Stoffes mit dem Rückstand festgehalten wird¹⁾. Für die Praxis könnte jedenfalls aus diesem Ergebnis abgeleitet werden, daß selbst Regenfälle nach Verstäubungen keine wesentliche Anreicherung der Waldgewässer mit dem Giftstoff bringen werden, weil

¹⁾ Eine wichtige Rolle dürfte hierbei wohl auch die Wasserunlöslichkeit des Dichlor-diphenyl-trichloromethylmethans spielen (RIEMSCHEIDER 1947).

Pflanzen, Erde, Kies u. dgl. als natürliches Filter diesen zurückhalten werden, bevor es zur endgültigen Abschwemmung in einen Teich, Bach oder in ein anderes Gewässer kommt. —

Versuche mit Fischnährtieren brachten ähnliche Ergebnisse wie bei Fischen. Es wurde die Einwirkung auf *Cyclops*, *Diaptomus*, *Chironomus*-Larven, Daphnien (magna) und Muschelkrebse untersucht, und zwar in 0,2prozent. Konzentration bei den drei ersten Formen, in 0,002- und 0,001prozent. Konzentration bei Daphnien und Muschelkrebse. Alle Konzentrationen wirkten tödlich, und zwar nach einem bis zu mehreren Tagen. Daphniden waren beispielsweise sowohl in 0,002 ‰ als auch in 0,001 ‰ nach 1—2 Tagen eingegangen. Muschelkrebse hielten es am längsten aus (Tabelle 10).

Tabelle 10

Versuchsbedingungen	Organismen	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Gesarol 0,001 ‰ . . . Glasbecken 14,5°, pH = 7 17. 8. 48	Daphnien	26—46	
	Muschelkrebse	70 (17)	
		98 (5)	
		118 (2)	
		142 (2)	
		238 (1)	
		296 (1)	
		—	
	2 Schnecken	—	Versuch nach 296 Std. abgebrochen mit einem noch lebenden Muschel- krebs und 2 lebenden Schnecken

Einige sehr schwer geschädigte *Diaptomus* wurden in Frischwasser umgesetzt, aber sie erholten sich ebensowenig von den erlittenen Vergiftungsschäden, wie dies bei schwer geschädigten Fischen der Fall gewesen war. Infusorien kleinster Größenordnung, die mit *Chironomus*-Larven im gleichen Kulturgläse vorhanden waren, zeigten sich bei weitem widerstandsfähiger.

Aus diesem Versuchsergebnisse könnten nun insofern fischereiliche Bedenken gegen die Verstäubung von DDT geltend gemacht werden, als durch Vernichtung der Naturnahrung der Fische bei diesen indirekte Schäden durch Zuwachsverlust entstehen könnten. Auf diese Möglichkeit hin sollen daher noch weitere Versuche mit stärkeren Verdünnungen bei Fischnährtieren durchgeführt werden, um auch hier die Schädlichkeitsgrenze erfassen und eine Parallele zu den tatsächlichen Verhältnissen im Freiland finden zu können; und es soll vor allem auch versucht werden festzustellen, wie lange die Giftwirkung eines mit Gesarol bestäubten Gewässers für die Kleintierwelt, die als Fischnahrung in Frage kommt, erhalten bleibt und bis wann nach ihrer eventuellen Vernichtung durch die Bestäubung mit einer Neubesiedelung der Teiche durch die natürlichen Futtertiere der Fische gerechnet werden kann. —

Versuche mit Spritzgesarol, die der Vollständigkeit halber schließlich auch noch durchgeführt wurden, erbrachten im ganzen die gleichen Ergebnisse, wie die Versuche mit Stäubegesarol (Tabelle 11).

Es mußte allerdings vermerkt werden, daß hier die Schädlichkeitsgrenze für Fische noch um einiges tiefer lag, als beim Gesarolpulver, da alle Konzentrationen bis hinunter zu 0,00025 ‰ zu einem hundertprozentigen und außerdem verhältnismäßig schnelleren Absterben der

Tabelle 11

Versuchsbedingungen	Eingesetzte Fische	Tot nach Std.	Weitere Beobachtungen
Spritzgesarol 0,0025 ‰ 30. 8. 48	5 Gru	48 (3) 53 (1) 168 (1)	
Spritzgesarol 0,001 ‰ 30. 8. 48	5 Gru	53 (2) 72 (3)	
Spritzgesarol 0,0005 ‰ 30. 8. 48	5 Gru	53 (2) 72 (3)	
Spritzgesarol 0,00025 ‰ 2. 9. 48	4 Gru	48 (2) 53 (1) 144 (1)	
Spritzgesarol 0,000125 ‰ 2. 9. 48	4 Gru	172 (1) 258 (1) —	Versuch nach 312 Std. abgebrochen, da die übriggebliebenen Fische in Ordnung waren
Spritzgesarol 0,0001 ‰ 4. 9. 48	4 Gru	216 (1) — —	Versuch nach 264 Std. abgebrochen, da alle weiteren Fische in Ordnung waren

Fische führten, als dies bei Stäubegesarol der Fall gewesen war (vgl. Tabelle 7). Es kann daher auch aus dem Laboratoriumsversuch heraus bestätigt werden, daß Emulsionen für Fische giftiger sind als Suspensionen, wie COTTAM u. HIGGINS (1946) auf Grund ihrer Freilandbeobachtungen nach Flugzeugverstäubungen in USA. bereits mitgeteilt hatten. Vom fischereilichen Standpunkt aus wäre daher die Benutzung von Stäubemitteln vorzuziehen.

Schrifttum

- BANDT, H. J., Über die Giftwirkung des Forstschutzmittels „Gesarol“ auf Fische. Beiträge zur Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie aus dem Flußwasser-Untersuchungsamt in Magdeburg Heft 1, 42—43, 1946.
 — — Gesarol als Mückenvertilgungsmittel — fischereilich gesehen. Beiträge zur Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie aus dem Flußwasser-Untersuchungsamt in Magdeburg Heft 2, 65, 1947.

- COTTAM, C. and HIGGINS, E., DDT and its Effect on Fish and Wildlife. J. econ Ent. **39**, 44—52, 1946. (Ref. R. A. E., A **35**, 1947.)
- EMMEL, L. und KRÜPE, M., Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise des 4,4'-Dichlor-diphenyl-trichlormethylmethans beim Warmblüter. Ztschr. Naturforschg. **1**, 691—695, 1946.
- GÖTZ, B., Die Wirkung von Gesarol und anderen DDT-Präparaten auf Fische. Anz. Schädlingskde. **21**, Heft 3, 1948.
- RIEMSCHEIDER, R., Zur Kenntnis der Kontaktinsektizide. Die Pharmazie, 2. Beiheft, 1. Ergänzungsband. Berlin 1947.
- ROEGNER-AUST, SOPHIA, Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen. Ztschr. ang. Ent. **31**, 1949, ebenda.
- ROHRMOSER, F., Tod den Mücken! Natur und Technik Nr. 11, 466, 1947.
- SLADE, R., The Gamma-Isomer of Hexachlorcyclohexane (Gammexane). Chemistry and Industry **40**, 314—319, 1945.
- WIESMANN, R., (Nicht zugänglich.) Schweiz. Arch. Tierheilkunde **85**, 24, 1943.

Über die genetischen Grundlagen des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung aus inneren Ursachen¹⁾

Von

JOSEF FRANZ, München

Mit 1 Abbildung

Inhalt:

A. Einleitung	228
B. Bisherige Theorien über die Ursachen des Zusammenbruchs von Massenvermehrungen	229
C. Die genetische Struktur von Populationen	233
I. Die Variabilität der Phänotypen	233
II. Die Variabilität der Genotypen	236
D. Herausspalten vitalitätssenkender Erbanlagen durch Inzucht und mangelnde Auslese als innere Ursache des Zusammenbruchs	241
E. Überprüfung der Theorie an bisherigen Beobachtungen bei Massenvermehrungen	244
I. Verfall während einer Massenvermehrung im Freiland	244
II. Verfallserscheinungen ohne Wirkung der Außeneinflüsse und Bevölkerungsdichte	248
III. Der zeitliche und räumliche Verlauf der Gradationen	250
IV. Beispiele aus der experimentellen Genetik	254
F. Diskussion und Programm	255
G. Zusammenfassung	257
H. Schrifttum	257

A. Einleitung

Mit dem Problem des Massenwechsels der Tierarten beschäftigen sich heute zwei ganz verschiedene Arbeitsrichtungen der Biologie. Auf der einen Seite bemühen sich angewandte Zoologie und Praxis, einen Einblick in die ursächliche Bedingtheit dieses Vorganges zu erhalten, um auf diese Weise die bedrohliche Zunahme von wirtschaftlich schädlichen Arten verhindern oder wenigstens eindämmen zu können. Auf der anderen Seite hat die genetische Evolutionsforschung in den „Populationswellen“ einen Vorgang entdeckt, durch den „zufällige und relativ sehr rasche Änderungen der Konzentration einzelner Genotypen innerhalb der betreffenden Populationen bzw. Populationsteile hervorgerufen werden können“ (BAUER u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY 1943, S. 385).

¹⁾ Als Manuskript eingegangen März 1944.

Die Tatsache des Bevölkerungswachstums an sich ist vielleicht gar nicht so wunderbar wie ihre zeitlich-räumliche Begrenzung, denn die Fähigkeit zur Massenvermehrung ist latent in jedem Lebewesen vorhanden, das mehr Nachkommen erzeugt als Elterntiere vorhanden sind. Besonders EIDMANN weist darauf hin, daß das Problem nicht so sehr in der Frage nach der Entstehung, sondern nach dem Zusammenbruch der Massenvermehrung liegt. „Wir werden der Untersuchung der Krisenfaktoren in Zukunft mehr Aufmerksamkeit zuwenden müssen, als bisher“ (EIDMANN 1937).

Wenn in der folgenden Arbeit eine Theorie der inneren Krisenfaktoren zur Diskussion gestellt wird, so geschieht das in voller Erkenntnis der Schwächen, die jeder nur theoretischen Erörterung ohne eigene experimentelle Unterlagen anhaften müssen. Da aber einerseits der Verfasser für absehbare Zeit verhindert ist, den vor sechs Jahren im wesentlichen abgeschlossenen theoretischen Teil experimentell zu unterbauen, andererseits Ergebnisse sowohl angewandtzooologischer wie genetischer Forschungen zu diesem Thema innerlich zwangsläufig zur Synthese drängen, soll der Versuch hierzu unternommen werden¹⁾, zumal vor allem in den letzten Jahren zahlreiche Arbeitsergebnisse angefallen sind, die als Indizienbeweise für die vorgetragene Anschauung gelten können. Das gesamte Schrifttum hierbei anzuführen ist vorläufig weder möglich noch für den angestrebten Zweck notwendig²⁾.

B. Bisherige Theorien über die Ursachen des Zusammenbruchs von Massenvermehrungen

Bei der Untersuchung der Gründe, welche das potentiell unendliche Wachstum einer Insektenbevölkerung begrenzen und die nach einer Massenvermehrung den Zusammenbruch herbeiführen, hat sich die Forschung ganz vorwiegend mit den sogenannten exogenen Faktoren befaßt. In überzeugenden Freiland- und Laboratoriumsuntersuchungen wurde nachgewiesen, daß je nach Insektenart und wechselnden Außenbedingungen sehr verschiedene Ursachen bei der Retrogradation mitwirken können (Übersicht über das neuere Schrifttum bei SCHWERDT-FEGER 1941). Mit ZWÖLFER (1930) unterscheiden wir die unabhängig veränderlichen Krisenfaktoren (Wirkungen von Boden und Witterung) von den abhängig veränderlichen (vor allem Nahrung, Krankheiten, Schmarotzer usw.); letztere beeinflussen sich weitgehend gegenseitig und hängen ihrerseits wieder von den unabhängig veränderlichen Faktoren

¹⁾ Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. ZWÖLFER, und meinem im Osten gefallenem Freund Dr. HANS MORS danke ich manche Anregung aus gemeinsamen Diskussionen, die in dieser Arbeit mit ihren Niederschlag gefunden haben. Den Herren Prof. Dr. O. KOEHLER, Prof. Dr. W. LUDWIG und Dr. M. SCHNETTER schulde ich für kritische Durchsicht und wertvolle Hinweise, vor allem auf genetischem Gebiet, besonderen Dank.

²⁾ Die Arbeit wurde 1944 abgeschlossen.

ab. Gerade neuere Freilanduntersuchungen¹⁾ an einigen Schädlingen haben gezeigt, wie das natürliche Wachstum der Bevölkerungen durch das Zusammenwirken mehrerer der obengenannten Ursachengruppen reguliert wird, die ihrerseits wieder in bezug auf ihre quantitative Wirkung weitgehende Eigengesetzlichkeit erkennen lassen.

Daß außer diesen äußeren auch noch innere, sogenannte endogene Krisenfaktoren wirksam sind oder sein können, ist schon seit längerer Zeit vermutet worden (BLUNCK 1930, FRIEDERICH 1930, ESCHERICH 1931, EIDMANN 1934 u. a.). Das Bezugssystem für diese „inneren“ Begrenzungsfaktoren soll die Summe der Einzeltiere sein, die Ursachen liegen also in den besonderen Gesetzen der Bevölkerung und ihres Wachstums. Wir können hierbei zwei Gruppen solcher endogener Faktoren unterscheiden:

Die erste ist in ihrer Wirksamkeit direkt von der Bevölkerungsdichte abhängig, wir bezeichnen sie im allgemeinen als Übervölkerungskrankheiten. Die zweite Gruppe ist nicht direkt dichteabhängig, sie ist nur gewöhnlich mit einer hohen Bevölkerungsdichte gekoppelt. Wir wollen Wachstumsbegrenzung und Zusammenbruch²⁾ einer Gradation nach dem ersten Typ mit „Konkurrenztyp“, nach dem zweiten mit „Degenerationstyp“ bezeichnen.

Beispiele für den Konkurrenztyp lassen sich aus dem Schrifttum in größerer Zahl anführen. So zeigte PEARL (1925) bei *Drosophila* die Abhängigkeit der Eiproduktion von der Imaginaldichte. CHAPMAN (1928, 1931) fand bei *Tribolium confusum*, daß bei Übervölkerung der Zuchtgefäße die eigenen Eier gefressen werden. HOFMANN (1934) wies bei *Lymantria dispar* und anderen Schmetterlingen nach, daß die beobachteten Wachstumshemmungen vor allem auf die gegenseitige Beeinflussung und Behinderung im künstlich eng gehaltenen Lebensraum zurückzuführen sind. Auch unter natürlichen Bedingungen einer Massenvermehrung glaubt EIDMANN (1934) an die direkte Wirkung der Bevölkerungsdichte beim Zusammenbruch einer Forleulenkalamität. ULMANN (1941) fand eine Selbstregulation der Bevölkerungsdichte von *Culex pipiens autogenicus*; bei übervölkerten Zuchten nahm durch Hunger und Selbstvergiftung die Sterblichkeit bei den präimaginalen Stadien so zu, daß ein annähernder Gleichgewichtszustand bei der Imaginalbevölkerung erreicht wurde. SMIRNOW und Mitarbeiter (1934) erhielten bei verschiedenen Schildlausarten bei erhöhter Populationsdichte auch geringere Eizahlen und sterile Weibchen. Weitere Beispiele bringen ULMANN (1941), D'ANCONA (1939), KÖHLER (1940) u. HOFMANN (1934).

Wie überall in der Natur lassen sich auch hier scharfe Grenzen zwischen den angenommenen Ursachen nicht ziehen. Endogene und exogene Krisenfaktoren bedingen sich nicht selten gegenseitig: Zunahme der Bevölkerung bewirkt oft Nahrungsverknappung, bessere Lebensbedingungen für Parasiten und Räuber sowie erhöhte Ansteckungsmöglichkeit bei übertragbaren Krankheiten. „Dichteabhängige Außen-

¹⁾ Zum Beispiel SCHWERTFEGER (1934), SUBKLEW (1939), FRANZ (1941), WELLENSTEIN (1942).

²⁾ Es besteht hier kein Grund, zwischen Wachstumsbegrenzung und Zusammenbruch einer Massenvermehrung prinzipiell zu unterscheiden, da es sich in beiden Fällen um Populationswellen handelt, die sich einmal über eine Generation, das andere Mal über mehrere erstrecken.

faktoren“ ist ja ein Ausdruck für dieses doppelte Bedingtsein. — Die beim „Konkurrenztyp“ beobachteten Kümmerformen sind — das soll hier besonders betont werden — direkt durch die ungünstigen Umweltverhältnisse bewirkt, sie sind also modifikatorischer Natur. Als unmittelbare Folge der veränderten Lebensbedingungen bleiben sie ohne Nachwirkung auf die erbliche Qualität der Einzelwesen folgender Generationen.

Nicht immer allerdings bremst eine zunehmende Bevölkerungsdichte das Wachstum der Population sofort ab: Bei den verschiedenen Arten der Wanderheuschrecken steigert sie im Gegenteil die Geschwindigkeit der Vermehrung selbst wieder und führt damit zur plötzlichen Entstehung der wandernden Schwärme, die dann erst mehr oder weniger schnell zugrunde gehen (vgl. UVAROV 1928, Literaturübersicht bei FRANZ 1940).

Innere, nicht von der Bevölkerungsdichte abhängige Krisenfaktoren sind ebenfalls mehrfach beschrieben worden. Zu dieser Art des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung, die oben als „Degenerationstyp“ bezeichnet worden war, sind allerdings bisher sehr verschiedenartige und untereinander nicht immer vergleichbare Beobachtungen gezählt worden, einfach deshalb, weil sich unter der verschwommenen Überschrift des Nachlassens der Lebenskraft oder der konstitutionellen Schwächung auch alle nicht klar erkannten, aber tatsächlich durch äußere Faktoren bedingten Krisenerscheinungen zusammenfassen ließen.

Die hierher gehörenden Beispiele werden später noch besprochen (s. S. 244 ff.).

Über die Ursachen innerer Verfallserscheinungen äußern sich die meisten Autoren nicht. Die Hypothese von HORN (1930), der „echte“, mutativ bedingte, und „unechte“ Massenvermehrungen unterscheidet, bringt viele anregende Gedanken, ohne jedoch bis zum letzten verständlich zu sein. Es ist z. B. nicht klar, wie Massenvermehrungen „durch Auftreten von an sich todbringenden Erbfaktoren entstehen“ können.

Auch VOELKEL (1930), der in einer kurzen, vorläufigen Mitteilung von einem gesetzmäßigen Ablauf der Massenvermehrung beim Kiefernspanner aus inneren Ursachen spricht, äußert sich nicht über die Natur derselben.

Die Arbeiten von MORS (1942 a u. b) bedeuten auch auf diesem Gebiet einen Wendepunkt von der spekulativen Hypothese zur begründeten Theorie. Anlässlich der Nonnengradation in Ostpreußen 1933 bis 1937, bei deren biologischen Erforschung wir während eines Sommers unter Leitung von Forstmeister Dr. WELLENSTEIN gemeinsam arbeiten konnten, fand MORS eine fortschreitende allgemeine Verschlechterung bzw. Veränderung der physiologischen Leistung im Verlauf der Massenvermehrung (Einzelheiten im Abschnitt E I u. II). Nach Ausschaltung der äußeren Einflüsse kamen hierfür fast ausschließlich endogene Krisenfaktoren in Frage, der Verfall entsprach dem Degenerationstyp. Über seine vermutliche Entstehung äußert er sich folgendermaßen (1942 a, S. 203):

„Für den Gleichgewichtszustand einer nachkommenreichen Insektenart ist ein bedeutender Umweltwiderstand vonnöten, der die Nachkommenschaft bis zur Geschlechtsreife fast auf den Elternbestand verringert. Nur so bleibt die Bevölkerungsdichte in aufeinanderfolgenden Generationen auf ungefähr gleicher Höhe. Dieser Zustand ist in Jahren zwischen Massenvermehrungen angenähert verwirk-

licht. Verringern sich nun die Umweltwiderstände durch irgendwelche Veränderungen in der belebten oder unbelebten Umwelt, so steigt zwangsläufig die Individuenzahl von Generation zu Generation, was mit einer Massenvermehrung gleichzusetzen ist. Angenommen, die größeren Umweltwiderstände vernichten vor allem die schwächlichen Stücke der Bevölkerung, so kommen in Jahren zwischen Massenvermehrungen Dank der Auslese nur die physiologisch leistungsfähigsten Tiere zur Geschlechtsreife, während einer Gradation jedoch auch die Schwächlinge. Nimmt man nun an, die Konstitution sei erblich, so führt dies, ähnlich wie die Zivilisation beim Menschen, durch Fortpflanzung der minder vitalen Tiere und Kreuzung dieser mit den vitalen, von Jahr zu Jahr zu einer Verschlechterung der Konstitution der Gesamtbevölkerung, die sich neben dem Nachlassen der geschlechtsreifen Tiere bald auch in einer erhöhten Sterblichkeit während der Entwicklung äußert. Die Ausfälle steigern sich besonders dann, wenn die Bevölkerungsdichte einen höheren Grad erreicht hat und wenn die Umweltwiderstände wieder größer werden. Aus der mangelnden Auslese und den verschiedensten Kreuzungen wäre auch die von Generation zu Generation wachsende Streuung aller Lebensprozesse und Leistungen zu verstehen.“

Der Gedanke, daß das Optimum der Lebensbedingungen für den Organismus bereits den Keim des Unterganges in sich trägt, ist an sich nicht neu, sondern z. B. von ABEL (1923) als Erklärung für das Aussterben des Höhlenbären herangezogen worden.

Die klimatischen Bedingungen der Nacheiszeit hätten den Bedürfnissen dieser Art in bestimmten Zonen ebenso entsprochen wie die der Zwischeneiszeiten. Dadurch, daß diese keinen ebenbürtigen Gegner hatten und weil das Höhlenleben auch von den Witterungsbedingungen verhältnismäßig unabhängig machte, ließ die notwendige Auslese nach und es kam zu einer typischen Degeneration, deren Einzelfolgen, wie vergrößerte Variabilität aller körperlichen Merkmale und Zunahme der kranken Individuen, im Prinzip den von MORS beschriebenen Verfallserscheinungen der Nonne ähneln, so sehr auch sonst die Dinge verschieden gelagert sind. LORENZ (1940), der sich sehr eingehend mit den körperlichen und verhaltensmäßigen Verfallserscheinungen bei Haustier und Zivilisationsmensch befaßt, führt diese beiden wesensgleichen Vorgänge ebenfalls hauptsächlich auf den Mangel natürlicher Auslesekkräfte unter den besonderen Lebensbedingungen der Domestikation zurück (vgl. hier auch E. FISCHER 1914).

Auch bei Insektengradationen sind diese Erscheinungen schon beschrieben worden, so z. B. in der Studie von H. D. u. E. D. FORD (1930), deren Ergebnisse von BAUER u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1943) allgemein so formuliert werden: „Bei quantitativen Populationswellen, die sich über mehrere Generationen erstrecken, nimmt die Intensität der Auslese auf dem ansteigenden Ast ab und auf dem absteigenden Ast zu. Die Variabilität verhält sich dabei umgekehrt.“¹⁾

Es ist jedoch das unbestreitbare Verdienst von MORS und WELLENSTEIN, durch die Aufstellung der oben angeführten Theorie über die Entstehung der beobachteten endogenen Krisenfaktoren diesem zweifellos vernachlässigten Thema im angewandt-entomologischen Schrifttum einen neuen Auftrieb gegeben zu haben. Im folgenden soll nun versucht werden, über die genetischen Grundlagen dieser Verfallserscheinungen einige nähere Aussagen zu machen, wozu uns besonders die neuen Ergebnisse des Zweiges der Vererbungslehre geeignet erscheinen, der sich

¹⁾ Vgl. S. 243.

mit den erblichen Veränderungen innerhalb einer Bevölkerung auseinander, der sogenannten Populationsgenetik.

C. Die genetische Struktur von Populationen

Die Vererbungswissenschaft hat sich in den ersten drei Jahrzehnten ihres Bestehens vorwiegend mit dem Einzelwesen beschäftigt, und zwar mit der Übertragung und Ausprägung der Erbfaktoren. Erst neuerdings wendet man sich den Vorgängen bei Individuengruppen — den Populationen — zu. „Auch eine Population hat, wie man wohl sagen kann, eine bestimmte Erbstruktur, die von der Erbmasse der einzelnen Individuen dieser Gruppe abhängt, so wie die chemische Zusammensetzung eines Felsens von den ihn aufbauenden Mineralien bestimmt wird. Die Gesetze, die den Erbaufbau von Populationen beherrschen, unterscheiden sich jedoch von den für das Individuum geltenden, so wie sich die Gesetze der Soziologie von denen der Physiologie unterscheiden“ (DOBZHANSKY 1939). Diese Hinwendung vom Einzelwesen zur Gemeinschaft in der biologischen Forschung ist im Grunde dasselbe, was ESCHERICH (1913) schon früher betont hat, wenn er davon spricht, wie die Gesellschaft von Millionen Raupen ganz andere Bedingungen zeitigt als das Einzeltier und daß sich die angewandt-entomologische Forschung mit diesen besonderen Bedingungen zu beschäftigen habe. Von diesem Standpunkt aus interessieren uns am Tod eines Einzelwesens weniger die physiologischen Vorgänge, die dazu führen, als vielmehr die relative Verschiebung der Genhäufigkeiten innerhalb der Bevölkerung, die dadurch entsteht, daß jeder seine Gene mit sich ins Grab nimmt.

Für die angewandte Zoologie und für die Evolutionsforschung, die sich beide mit der Änderung im Aufbau von Individuengruppen befassen, stellt das Grenzgebiet der Populationsgenetik zweifellos ein fruchtbares Feld gegenseitiger Berührung dar, auf das hinzuweisen mit einer wesentlichen Aufgabe dieser Arbeit sein soll.

I. Die Variabilität der Phänotypen

Die Einzelwesen einer Art, einer natürlichen Rasse, einer Population sind, wie zahlreiche und gründliche Untersuchungen¹⁾ gezeigt haben, gewöhnlich erblich nicht gleich. Erbgleiche Wesen kann man für den genetischen Versuch züchten, in der Natur kommen sie vor allem bei ungeschlechtlicher Fortpflanzung und eineiigen Mehrlingen vor²⁾, bei Selbstern selten, bei getrenntgeschlechtlichen Arten wohl fast nie. Treten sie einmal auf, wie z. B. in der menschlichen Bevölkerung die eineiigen Zwillinge, so bringen sie uns durch ihre verblüffende Ähnlichkeit die Ungleichheit aller anderen besonders klar zu Bewußtsein.

¹⁾ Zusammenfassungen des wichtigsten Schrifttums bei REINIG (1938), DOBZHANSKY (1939), BAUER u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1943).

²⁾ „Abgesehen von Klonen, reinen Linien und eineiigen Mehrlingen gibt es bekanntlich innerhalb einer Art kaum zwei erbgleiche Individuen“ (BAUER u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY [1943]).

Auf diese Dinge soll hier deshalb noch besonders hingewiesen werden, weil die in der angewandten Zoologie übliche Art des physiologischen Versuches die genetisch bedingte Ungleichheit der Individuen nur selten berücksichtigt. Es ist zweifellos ein Verdienst von JANISCH (1936, 1938 a u. b), auf die individuellen Unterschiede der physiologischen Leistung bei den Versuchstieren hingewiesen zu haben. Da jedoch seine Formulierungen über die Ursachen dieser konstitutionellen Verschiedenheiten den Anschein erwecken können, daß nur äußere Einflüsse hierfür verantwortlich wären, sollen diese Fragen in dem Bemühen, Mißverständnisse zu vermeiden, kurz abgehandelt werden, bevor wir uns den eigentlichen Ergebnissen populationsgenetischer Forschung zuwenden.

JANISCH (1936, 1938 b) lehnt Variationsbreite und Mittelwert bei der Beurteilung physiologischer Leistungen einer Population als Maßstab ab; er wertet nur die unter seinen Versuchsbedingungen besten Einzeltiere und betrachtet jede Abweichung von der Höchstleistung sozusagen als Verunreinigung des Artverhaltens, das umweltbedingt ist. Dazu ist vom Standpunkt der Vererbungsforschung aus zu sagen, daß es eine genau fixierbare „naturgesetzlich bestimmte artgemäße Reaktionsfähigkeit“ gar nicht geben kann, denn die Arten sind Genotypen- und damit auch weitgehend Phänotypengemische; ihre Einzelwesen unterscheiden sich in bezug auf ihre physiologische Leistungsfähigkeit eben wegen ihrer verschiedenen Erbanlagen auch erscheinungsbildlich, wenn auch keineswegs die gesamte genetische Mannigfaltigkeit am phänotypischen Ausdruck abzulesen ist (vgl. folgenden Abschnitt). Die Reaktionsnormunterschiede zwischen den Mitgliedern einer Art sind zwar kleiner als die Unterschiede zwischen den Mitgliedern verschiedener Arten, aber sie sind da und in zahlreichen Versuchen nachgewiesen. Der Mittelwert ist daher das gegebene Maß für die durchschnittliche Leistung einer Art unter bestimmten Außenbedingungen (vgl. auch JUST [1935]).

JANISCH (1936) bezeichnet die Variabilität der physiologischen Leistung als von einem arteigenen Höchstleistungswert zur Minderleistung hin durch Umwelteinflüsse gerichtet. Nun ist zwar die natürliche Zahlenreihe der fallenden Klassengrenzen „gerichtet“, nicht aber sind es die Klassenfrequenzen. Zudem ist die Lage der Extremwerte um so zufälliger, je kleiner die Gesamtzahl der untersuchten Individuen (vgl. JOHANNSEN 1926, S. 19).

Wenn Einzeltiere in irgendeinem physiologischen Versuch sich verschieden verhalten, dann ist es noch nicht möglich, aus der Form der entstehenden Variationskurve auf die bedingenden Gründe zu schließen. Bei jedem derartigen Experiment, das mit genetisch ungleichwertigem Material (und das sind alle natürlichen Arten und Populationen!) arbeitet, erhalten wir eine zweifache, sich überdeckende und meist kontinuierliche Variabilität; diese beruht einmal auf den verschiedenen erblichen Anlagen, zum anderen auf den nie völlig gleich

zu gestaltenden vor und während des Versuches wirksamen Umwelteinflüssen. Das oft unklar gebrauchte Wort für diese durch Zusammenwirken von erblich festgelegter Reaktionsnorm und wechselnden Umwelteinflüssen geschaffene Gesamtverfassung eines Organismus heißt Konstitution. Die Entscheidung darüber, welche der beiden Ursachen in einem beliebigen Fall besonders wichtig ist, bringt uns nur die getrennte Weiterzucht der extremen Varianten und das Arbeiten mit genetisch einheitlichem Ausgangsmaterial, also mit Biotypen¹⁾. Das bedeutet natürlich eine erhebliche Erschwerung der bisherigen Arbeitsweise, ist aber in den Fällen, wo eine genaue Analyse des physiologischen Verhaltens gefordert werden muß, besser als einen der beiden Faktoren völlig zu vernachlässigen²⁾. Eine Nachwirkung von ungünstigen Umwelteinflüssen auf die Konstitution der folgenden Generation ist daher im Sinne von JANISCH (1938 b) nur möglich, wenn man an eine Vererbung erworbener Eigenschaften glaubt oder eine Dauermodifikation bzw. Prädetermination annimmt, wozu einerseits die Ergebnisse der Vererbungsforschung, andererseits die angeführten Beweise nicht berechtigen (s. auch S. 245). Eine Nachwirkung von schädlichen Außeneinflüssen auf die genetische Zusammensetzung der nächsten Generation findet allerdings in dem Sinne statt, als durch Auslese bestimmte Individuen mit in diesem Fall ungünstigen Erbanlagen vor der Fortpflanzung ausgeschaltet werden.

Wenn JANISCH (1936) die geringe Streuung der physiologischen Leistung im optimalen Bereich als Beweis für konstitutionelle Gleichwertigkeit ansieht, so ist das zweifellos ein Irrtum. Dazu ein Beispiel: Unter 100 Rekruten, die unter gleichmäßigen guten Verhältnissen in der Kaserne leben, gibt es normalerweise verhältnismäßig wenig Kranke. Kommen aber am Ende einer kriegsmäßigen Ausbildung die schweren Leistungsproben durch Nachtmärsche, Witterungseinflüsse und unregelmäßige Ernährung, so häufen sich die Ausfälle, d. h. die konstitutionellen Unterschiede werden erst bei Belastungen offenbar. KAPPERT (1934, S. 120) bringt aus dem Gebiet der Pflanzenzüchtung ein sehr lehrreiches Beispiel zu demselben Tatbestand.

Mit der Erkenntnis der doppelten Bedingtheit aller physiologischen Leistung und der genetischen Ungleichwertigkeit eines Artverbandes wird auch der Begriff des Optimums einer Art als eines Fixpunktes (JANISCH 1938 b) logisch unhaltbar. Einerseits hat

¹⁾ JUST (1928) unterscheidet 3 Umwelten der Erbanlagen: 1. die genotypische Umwelt eines Gens, 2. die individuelle Umwelt der Gene, d. h. den physiologischen Gesamtzustand des Trägers dieser Erbanlagen (z. B. Geschlechtsreife, Alter usw.), 3. die extraindividuelle Umwelt des Einzelwesens, d. h. die sogenannten äußeren Lebensbedingungen wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Licht, Ernährung. Will man eine Umwelt auf ihre Wirksamkeit hin untersuchen, so muß man die anderen Umwelten konstant machen.

²⁾ Die Wirkung verschiedener Außeneinflüsse auf die physiologischen und morphologischen Merkmale der Mehlmotte prüfte z. B. KÖHLER (1940) mit vorbildlicher Methode.

JANISCH recht, wenn er die Erbgebundenheit des Optimums betont, andererseits vernachlässigt er die erbliche Variabilität der Einzelwesen innerhalb der Art bzw. Rasse, wenn er sagt, daß „das eigentliche Optimum nur ein Punkt in der Temperaturskala ist“. Mit vollem Recht kritisiert er die Autoren, die „z. B. die schnellste Entwicklung, das schnellste Wachstum, die größte Atemfrequenz usw. als ‚Bestes‘ aufgefaßt“ haben. Kann man aber nicht denselben Einwand erheben, wenn er (S. 377) feststellt: „Die physiologisch besten Tiere häuten sich zuerst, die schwächsten zuletzt“?

Physiologische Leistung innerhalb der Lebensgrenzen ist „jenseits von Gut und Böse“. Werten kann man sie nur, wenn man ihre Bedeutung im Kampf ums Dasein, für die Erhaltung und Weiterentwicklung der Art, betrachtet. Jeder physiologische Versuch greift nur einen kleinen Ausschnitt aus dem verwickelten Beziehungsgefüge draußen in der Natur heraus, und zwar denjenigen, den der Versuchsansteller für besonders wichtig hält. Wenn JANISCH (1938 b) meint, daß bei aufkommenden Massenvermehrungen gerade die physiologisch besten Tiere interessieren, so bleibt es doch unbewiesen, ob gerade die Besten des Laborversuches bei einseitiger Fragestellung (Schlüpffolge, Entwicklungsdauer, Eiproduktion) auch die Besten im Kampf ums Dasein sind. Die Frühschlüpfer der Nonne können es z. B. gerade am schlechtesten treffen, wenn die Knospen ihrer Nährpflanze draußen, die sie unbedingt als Nahrung brauchen, noch nicht ausgetrieben haben; oder die Rekordweibchen, deren Eiproduktion quantitativ gewertet wird, können Nachkommen in die Welt setzen, die für bestimmte Außenverhältnisse ausgesprochen unterwertig sind.

Man braucht dazu keine komplexen Mutationsschritte anzunehmen. Neuere Ergebnisse der Vererbungsforschung (z. B. KÜHN 1934 u. 1939), (STROHL u. KÖHLER 1935) haben gezeigt, daß schon die Veränderung einer einzigen Erbanlage im Erbgut (Genmutation) die Lebensfähigkeit entscheidend zu beeinflussen vermag.

Zusammenfassend können wir sagen, daß mehr als bisher im physiologischen Versuch des angewandten Zoologen außer den Bedingungen der Umwelt auch die genetischen Verhältnisse der Versuchstiere berücksichtigt werden müssen.

II. Die Variabilität der Genotypen

Die Einzelwesen einer Art, Rasse oder Population sind in bezug auf Bau und Leistungen untereinander ähnlicher als solche verschiedener derartiger Individuenverbände. Ähnlichkeit der Phänotypen allein läßt aber noch gar keinen Schluß auf die genotypischen Verhältnisse zu, da rezessive Erbanlagen in mischerbigem Zustand (heterozygot) vorhanden sein können, ohne sich zu manifestieren. Eine Bevölkerung, in der jedes Einzelwesen für eines oder mehrere Gene heterozygot ist, kann vollkommen gleichartig erscheinen. Es muß allerdings die Häufigkeit der

einzelnen unterschiedlichen Erbanlagen so gering sein, daß die Paarung zweier für das gleiche Allel mischerbiger Tiere unwahrscheinlich ist, da sonst die rezessiven Anlagen reinerbig (homozygot) auftreten und damit auch äußerlich (im Phänotypus) sichtbar werden. Durch geeignete Kreuzungsexperimente läßt es sich einwandfrei klären, ob 1. beobachteten phänotypischen Unterschieden auch genotypische entsprechen, und 2. ob unterschiedliche, verdeckt weitervererbte Anlagen bei äußerlicher Gleichheit vorhanden sind. Die Analyse des 2. Falles, der uns hier besonders interessiert, zeigt Abb. 1 im Schema.

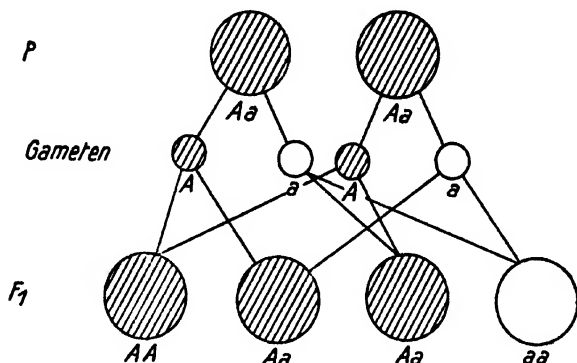


Abb. 1. Das Herausspalten rezessiver Erbanlagen.
Große Kreise zeigen den Phänotypus, kleine Kreise die Gameten. Buchstaben
als Symbole für dominante (A) und rezessive (a) Gene. Weitere Erklärung im Text

Wir betrachten der Einfachheit halber nur ein Paar alleler Gene, das durch die Symbole A und a gekennzeichnet sei. Wir nehmen A als vollkommen dominant über a an und gehen von zwei heterozygoten (Aa) Elterntieren (P) aus, die äußerlich nicht von homozygoten AA Individuen zu unterscheiden sind. Aus der Kombination der 2 von jedem Elter gebildeten Gametensorten ergibt sich in der F₁ phänotypisch eine Aufspaltung wie 3:1, genotypisch wie 1:2:1. Das rezessive Allel a wird also bei 25% der F₁-Tiere reinerbig und damit auch äußerlich erkennbar auftreten. Benutzt man als Ausgangspaar AA und Aa, was man den Wildtieren ja nicht ansehen kann, so wird in der F₁ noch keine Mutante phänotypisch sichtbar und die dem Beispiel entsprechende Aufspaltung erfolgt erst in F₂. (Weitere Einzelheiten in jedem Lehrbuch der Vererbungslehre.) In vielen Fällen sind die Kreuzungsanalysen nicht so einfach, da bei vielgeniger Bedingtheit eines untersuchten Merkmals (Polygenie) mehr Generationen notwendig sein können, bis genügend, für die rezessiven Allele reinerbige Tiere herausspalten. Im Prinzip bleibt sich aber das Verfahren, das verdeckt weitervererbte Erbanlagen erkennen läßt, stets gleich.

Wie entsteht nun eine solche Mannigfaltigkeit von Erbanlagen, deren Nachweis wir soeben besprochen haben? Die moderne Vererbungs-wissenschaft hat diese Frage wenigstens in den Grundzügen geklärt: Genmutationen, also Umwandlungen der inneren Struktur von einzelnen Erbanlagen, Änderungen von Chromosomenbau und -zahlen sowie die Neukombination der veränderten Anlagen gelten heute als die Haupt-ursachen der genetischen Variabilität. Diese Vorstellung konnte bei

zahlreichen Tier- und Pflanzenarten geprüft werden. Mutationen, wie sie früher nur bei Laboratoriumszuchten bekannt und auch künstlich zu erzeugen waren, haben sich neuerdings in Wildpopulationen in verblüffender Häufigkeit nachweisen lassen¹⁾. Man unterscheidet da leicht und schwer veränderliche, labile und stabile Gene, und bezeichnet die Summe dieser Erbänderungen, die eine genetische Vielfalt anstreben, als „Mutationsdruck“.

Auf die Einzelheiten des Mutationsvorganges einzugehen und Beispiele anzuführen verbietet der Rahmen dieser Arbeit. Es sollen hier nur einige, zum Verständnis des folgenden Abschnittes notwendige Gesichtspunkte hervorgehoben werden. Nach einem treffenden Vergleich von TSCHETWERIKOFF (zit. DOBZHANSKY 1939) ähnelt die Art oder Rasse einem Schwamm, der sich mit Mutationen vollsaugt und so allmählich einen großen Vorrat genetischer Variabilität — meist im heterozygoten Zustande — aufspeichert. Sie hat dann für neue Lebensbedingungen immer schon eine passende Erbanlagenzusammenstellung bereitlegen. Die Anreicherung mit mutierten Genen geht auch dann weiter, wenn die Veränderungen ungünstig sind und einen schlechten Auslesewert besitzen. Das gilt besonders dann, wenn sich die Mutationen rezessiv verhalten, was ja bei der Mehrzahl der Fälle ist. Unter der Decke des gleichbleibenden Phänotypus, der allein den Wirkungen der Selektion ausgesetzt ist, kann sich innerhalb der Bevölkerung die genetische Vielfalt anreichern; dies geht so lange, bis die für das mutierte Gen heterozygoten Tiere so zahlreich werden, daß sie sich gegenseitig paaren, die homozygoten Stücke herauspalten (vgl. Abb. 1) und der Auslese unterworfen werden. Dadurch ist die weitere Wirkung des mutierten Allels (bei ungünstiger Wirkung) begrenzt.

Die allermeisten der bekannten Erbänderungen setzen in reinerbigem Zustand die Lebensleistung des betreffenden Einzelwesens für seine gewohnte Umwelt herab. „Daß vitalitätssteigernde Mutationen in normalen Stämmen unter normalen Bedingungen selten auftreten, ist nicht erstaunlich. Die Mutation ist eine zufällige Änderung der Genstruktur, und bei einer zufälligen Änderung ist die Wahrscheinlichkeit viel größer, daß sie eine Verschlechterung als eine Verbesserung darstellt, weil die Genstruktur eines normalen Vertreters einer Art schon das Ergebnis eines langen geschichtlichen Vorgangs natürlicher Auslese ist. Jede Mutante, die eine Verbesserung gegenüber dem Normalzustand bedeutet, hat die Möglichkeit, in der Art erhalten zu bleiben“ (DOBZHANSKY 1939, S. 14).

Je mehr sich die Gensätze zweier Individuen ähneln, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß zwei gleiche, verdeckt vorhandene Erb-

¹⁾ Erstmalig von TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1927) bei *Drosophila*. Dort finden sich auch wichtige methodische Angaben. Jetziger Stand der Forschung s. bei BAUER u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1943).

anlagen zusammentreffen und sich die zugehörigen Merkmale in der nächsten Generation manifestieren. Das sicherste Mittel hierzu ist die Verpaarung von mehr oder weniger nah verwandten Individuen, also die Inzucht. Über die Verbreitung der Inzucht in der Natur sind wir nur sehr mangelhaft unterrichtet. Bei autochthoner Entstehung von Schwankungen in der Bevölkerungsdichte eines Gebietes ist bei Arten mit beschränktem Aktionsbereich eine Verwandtenehe notwendig. In den Normaljahren sterben von den Nachkommen eines Ausgangspaares fast alle vor ihrer Entwicklung zur Geschlechtsreife. Die übrig bleibenden wenigen Tiere müssen sich (bei geringer Populationsdichte) weit fortbewegen, um einen Partner zu finden; die Panmixie bleibt also annähernd erhalten und die Paarung unterliegt den Zufallsgesetzen. — Wenn aber infolge besonders günstiger Außenbedingungen von den wenigen Ausgangstieren viele Nachfahren überleben und sich im gleichen Gebiet fortpflanzen, so wächst die Wahrscheinlichkeit gewaltig, daß sich Verwandte miteinander paaren. Dies wird um so häufiger geschehen, je schneller und je anhaltender eine Bevölkerung wächst und je geringer ihre Ausbreitungstendenz ist.

Durch Zuwanderungen können natürlich ebenfalls Dichteschwankungen entstehen, doch zeigen uns die Untersuchungen an den meisten gut bekannten Schadinsekten, daß dies bei ihnen in der Regel nicht der Fall ist. Wohl sind Überflüge bekannt, doch meistens als Folge, nicht als Ursache von Gradationen. Damit verliert auch die Anschauung von ELTON (1930), der die Zu- und Abwanderung geradezu als wichtigste Ursache des Massenwechsels hinstellt, an Wert. Zahlenmäßige Zunahme einer Bevölkerung, die sich beliebig ausbreiten kann, braucht keineswegs von Inzucht begleitet zu sein. Diese Art des Populationswachstums soll uns, wie gesagt, hier nicht beschäftigen. Sie sei nur erwähnt, um die unterschiedlichen Folgen auf dem Gebiet der Inzucht klarzustellen. Die begriffliche Trennung der beiden Typen des Bevölkerungswachstums muß hier betont werden, obwohl in der Natur beide oft zusammen vorkommen. — Bei jeder Inzucht beobachten wir einen Ahnenschwund, und wir messen ihre Intensität an dem zahlenmäßigen Verhältnis der tatsächlich vorhandenen zu den theoretisch möglichen Vorfahren¹⁾.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, soll hier gleich betont werden, daß Inzucht, die Vereinigung zweier Keimzellen aus verwandten Körpern zur Bildung eines neuen Individuums, an sich durchaus nicht schädlich ist (KRONACHER 1925, FEDERLEY 1927). Es gibt ja genug Beispiele dafür, daß auch totale Inzucht nicht zum Untergang der Bevölkerung führt. Denken wir nur an die Pflanzen mit ausschließlicher Selbstbestäubung, an die wilden Edelhirsche Neuseelands, die nach W. HORNADY (zit. KRONACHER) von 3 im Jahre 1864 aus England eingeführten Exemplaren abstammen und 1923 einen besonders kräftigen Bestand von etwa 5000 Stück bildeten; oder denken wir an die Bisamratten und andere in wenigen Exemplaren in neue Gebiete ein-

¹⁾ Neuerdings definiert man den Inzuchtgrad eines Individuums als die durchschnittliche Verminderung des Mischerbigkeitsgrades gegenüber Panmixie. Einen Überblick über die neuere Inzuchtliteratur gibt LUDWIG (1944), auf den hier nur verwiesen werden kann.

geschleppte Tierarten, die sich als äußerst lebenskräftig erwiesen haben¹⁾).

Alle diese „inzuchtimmunen“ Stämme sind deshalb möglich, weil die Träger von Inzuchtschäden, also von rezessiven, für gegebene Umwelteinflüsse schädlichen Erbanlagen im verdeckten Zustand, soweit sie vorhanden waren durch kräftige Auslese sogleich bei der Manifestierung dieser Anlagen ausgemerzt worden sind. So wurde es möglich, ingezüchtete Stämme zu erhalten, welche in mancher Beziehung über den nicht ingezüchteten Ausgangstieren stehen. Inzucht ist dann, wenn der Ausleseprozeß erst einmal überstanden ist, sogar das sicherste Mittel zur reinen Erhaltung des bewährten Genotypus und somit ein Vorteil, der allerdings mit einem Mangel an genetischer Plastizität erkauft werden muß.

Ein recht drastisches Beispiel für die Umweltunabhängigkeit von Inzuchtschäden aus dem Gebiet der Haustierzucht führt KRONACHER (1925) an: „Daß nicht Haltung und Fütterung hier irgendwelchen Einfluß hatten, sondern eben eine Häufung ungünstiger Anlagen, zeigten zwei Doppelpaarungen; 2 Berkshire-Sauen A und B wurden jede zuerst mit einem Chester-Eber und hierauf sofort mit einem blutsverwandten Berkshire-Eber gepaart. Bei der vollkommenen Dominanz des Weiß des Chesters über das Schwarz der Berkshires ließ sich die Abstammung der Nachkommen ohne weiteres feststellen. Sau A hatte 12 Ferkel, davon 5 Berkshire- und 7 Chesternachkommen; die 5 schwarzen gingen innerhalb eines Monats zu Verlust. Die Sau B brachte 11 Ferkel, 3 vom Berkshire-Eber, 8 vom Chester; die 3 Berkshires verendeten innerhalb 2 Monaten. Die weißen Kreuzungsferkel entwickelten sich aus beiden Würfen durchaus normal.“ Wir haben hier also Verwandtschaftszucht und Fremdzucht am gleichen Tier unter ideal gleichen Umweltverhältnissen.

Die Gefahr der Inzucht liegt bei den meisten Arten also darin, daß sich durch sie die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens von zwei Allelen erhöht, die im homozygoten Zustand die Vitalität (für eine bestimmte Umwelt) herabsetzen.

Die Art der Inzuchtschäden ist ganz verschieden. Es gibt offenbar alle Übergänge zwischen todbringenden, sogenannten Letalfaktoren, bis zu solchen, die die Lebensleistung bei bestimmten Außenbedingungen nur um ein ganz geringes Maß herabsetzen. Bei den verschiedensten Tierarten kennen wir Gene, die die Entwicklungsgeschwindigkeit, die Resistenz gegen bestimmte Witterungseinflüsse, den optimalen Bereich der verschiedenen Lebensäußerungen, Größe, Färbung und alle anderen morphologischen und physiologischen Merkmale verändern. Derartige, genetisch bedingte Verfallserscheinungen sollen in dieser Arbeit mit dem oft unklar gebrauchten Ausdruck „Degeneration“ bezeichnet werden.

Mutationsdruck und Herausspalten von rezessiven Erbanlagen müßten in der Natur zu einer ständig zunehmenden Veränderlichkeit der Einzelwesen führen, wenn nicht auf der Gegenseite die natürliche Auslese mit einem sogenannten „Selektionsdruck“ wirksam wäre. Solange die Kraft der Auslese in der normalen Stärke eingreift, zügelt

¹⁾ Vgl. hierzu LUDWIG (1944) und die von ihm genannten Beispiele.

sie die ständig vorhandene Tendenz zum Zerfall der Gleichförmigkeit einer Bevölkerung. Die zufällig herausgespaltenen Mutanten mit geringerer Lebensleistung erliegen den verschiedensten Widerständen der Umwelt. Verringert sich aber der Selektionsdruck, wie z. B. bei der Haustierhaltung oder beim Beginn einer Massenvermehrung, so werden auch die Zügel gelockert, die dem Streben nach phänotypischer Mannigfaltigkeit angelegt waren, und wir beobachten eine wachsende Variabilität der Formen und Leistungen.

Wir fassen die für uns bedeutsamsten Ergebnisse der Populationsgenetik zusammen: Auch bei weitgehender Einheitlichkeit des Erscheinungsbildes einer Bevölkerung finden wir bei genauer Analyse eine große, vorwiegend verdeckt weitervererbte Mannigfaltigkeit an meist vitalitätssenkenden Erbanlagen. Sie ist mit Hilfe der Inzucht nachzuweisen, da bei der Vereinigung ähnlicher Genome diese Erbanlagen homozygot werden und herausspalten. Allein hierin liegt die Gefahr der Inzucht für heterozygote Bevölkerungen. Dieser Tendenz zum Verlust der phänotypischen Einheitlichkeit wirkt die Kraft der Auslese entgegen. Mit Mutationsdruck, Inzucht und Selektionsdruck haben wir zu rechnen, wenn wir uns mit den Vorgängen anlässlich einer Massenvermehrung näher befassen wollen.

D. Herausspalten vitalitätssenkender Erbanlagen durch Inzucht und mangelnde Auslese als innere Ursachen des Zusammenbruchs

Die im vorigen Abschnitt gegebene Übersicht über die für uns wichtigsten Ergebnisse der Populationsgenetik macht es uns möglich, eine Theorie über die Entstehung endogener Krisenfaktoren zu verstehen, die keinen dogmatischen Anspruch auf Alleingültigkeit machen, sondern nur die genetische Komponente des Ursachengefüges, das zum Zusammenbruch einer Gradation führen kann, etwas starker betonen will.

1. Es gehört zum Kennzeichen einer Massenvermehrung, daß sich wenig Einzeltiere der Ausgangsbevölkerung verhältnismäßig schnell vermehren. Welche Gründe dafür entscheidend sind, soll hier nicht untersucht werden. Jedenfalls beobachten wir eine Zunahme der Populationsdichte in kürzester Zeit und sprechen bei bestimmten Schädlingen geradezu von einer „Eruption“. Ein solches Anwachsen der Bevölkerung auf beschränktem Raum¹⁾ ist nur möglich bei weitgehender Verwandtenehe, also weitgehender Inzucht. Die vielen Millionen Nonnen oder Forleulen, die uns bei der Eruption der Kalamität begegnen, stammen alle von verhältnismäßig wenigen Vorfahren ab, die ihnen gemeinsam sind; sie sind also alle nah miteinander verwandt.

¹⁾ Der Raum ist bei unseren Forstinsekten, auf die wir vorläufig allein eingehen wollen, durch die Art unserer Wälder und die verhältnismäßig kleine Wanderungstendenz der Individuen stets in diesem Sinne „beschränkt“. Fällt diese Schranke weg, so sprechen wir von „territorialen Verschiebungen“.

2. Intensive Inzucht haben wir als das Mittel kennen gelernt, um heterozygot vorhandene, rezessive Erbanlagen sichtbar werden zu lassen. Wir müssen erwarten, daß durch zeitweilige Aufhebung der Panmixie (vgl. S. 239) auch bei Massenvermehrungen rezessive, bekanntlich meist vitalitätssenkende Erbanlagen, die im heterozygoten Zustand in der Bevölkerung vorhanden sind, homozygot werden und damit sich manifestieren. Die phänotypische Variabilität wird also zunehmen.

3. Wie schon mehrfach betont wurde (FORD 1930, MORS 1942 a), ist das Nachlassen der Auslese Kennzeichen und Anstoß beim Beginn einer Gradation. Geringere Umweltwiderstände bedeuten gleichzeitig größere Überlebenswahrscheinlichkeit für weniger lebensfähige Individuen, wie sie als Ergebnis der Inzucht in Bevölkerungen mit rezessiven, vitalitätssenkenden Erbanlagen auftreten (vgl. 2). Schwacher Selektionsdruck während mehrerer Generationen steigert die Inzucht und führt damit zum vermehrten¹⁾ Auftreten reinerbig schlecht veranlagter Tiere, ermöglicht ihnen außerdem noch die Fortpflanzung und beschleunigt dadurch das Homozygotwerden der ungünstigen Faktoren (vgl. Abb. 1); dadurch wird das allgemeine Anpassungs-Niveau in bezug auf die herrschenden Außenbedingungen gesenkt.

4. Zum eigentlichen Zusammenbruch der Massenvermehrung nach dem Degenerationstyp führen dann zwei Wege, die in der Natur offenbar durch alle Übergänge miteinander verbunden sind: a) Entweder steigt der Selektionsdruck nach einigen Generationen wieder auf das Normale an und vernichtet dabei die in der Masse weniger leistungsfähig gewordene Bevölkerung (vgl. 3) bis auf geringe Reste. b) Oder die Population ist von vornherein so reich an letalen bzw. semi-letalen Genen im verdeckten Zustand, daß es bei genügender Inzucht zum Zusammenbruch kommen muß, auch wenn die Umweltwiderstände gering bleiben. — Wie weit in dieser letzten Phase des Verfalls äußere (a) oder innere (b) Einflüsse die entscheidenden sind, hängt von der genetischen Struktur der Ausgangsbevölkerung ab.

Die gemeinsame Wirkung dieser voneinander bedingt abhängigen Vorgänge, der zeitweilig vergrößerten Inzucht, des Herausspaltens ursprünglich verdeckt vorhandener, vitalitätssenkender Erbanlagen und des zeitweiligen Nachlassens der Selektion führt zum Zusammenbruch der Massenvermehrung nach dem Degenerationstyp (vgl. S. 230)²⁾.

Es wird jetzt verständlich, warum bei der Begriffsfassung des „Degenerationstyps“ nicht von einer direkten Wirkung der hohen Popu-

¹⁾ Die mögliche Maximalzahl der in bezug auf mindestens ein schädigendes Faktorenpar Homozygoten ist natürlich abhängig von der Zahl solcher rezessiver Faktoren im Erbanlagenbestand.

²⁾ Dieser Gedanke wurde vom Verfasser bereits vor einigen Jahren kurz formuliert (FRANZ 1941, S. 616). Es sei nochmals betont, daß hier nur eine (und zwar die genetische) der vielen Ursachen betrachtet wurde, die zur Beendigung einer Gradation führen können.

lationsdichte gesprochen wurde. Zunehmende Bevölkerungsdichte ist eine Folge des Bevölkerungswachstums ohne Wanderung; sie stellt nur eine der Möglichkeiten dar, wie der Selektionsdruck im Laufe der Gradation wieder stärker werden kann (vgl. Punkt 4 a). Entscheidend für diese endogene Krisenbildung sind aber die Intensität der Inzucht, der Grad der Heterozygotie der Ausgangsbevölkerung und das Nachlassen der Auslese besonders in den ersten Generationen des Anstiegs.

Die begriffliche Fassung dieser Erscheinungen wird dadurch erschwert, daß es sich hier nicht um Zustände, sondern um Bewegungen von Kräften handelt, die sich gegenseitig nur bis zu einem gewissen Grade beeinflussen. Die Formulierung von BAUER und TIMOFÉEFF-RESSOVSKY (1943), wonach die Intensität der Auslese auf dem ansteigenden Ast ab- und auf dem absteigenden zunimmt (vgl. S. 232), könnte zu der falschen Auffassung führen, daß hier Korrelationen vorliegen, daß also die Auslese um so schwächer wird, je mehr Individuen überleben, und um so stärker, je mehr zugrunde gehen. In Wahrheit dürfte nach allem, was wir über die wechselnde Schnelligkeit des Bevölkerungswachstums wissen, die Auslese zu Beginn am schwächsten sein und dann entweder absolut oder relativ (auf die absinkende Lebensleistung der Population bezogen) allmählich zunehmen, ohne dadurch den Wachstumsvorgang selbst sogleich aufzuhalten. Das Bild der Bevölkerungsbewegung muß also keineswegs ein Spiegelbild der Auslesekraft sein, sondern es ist als die Resultante der oben genannten, mehr oder weniger eigengesetzlichen Kräfte aufzufassen.

Auf Grund der oben formulierten Theorie über die endogenen Krisenfaktoren können wir drei Erwartungen über den Verlauf von Massenvermehrungen aussprechen:

1. Die morphologischen und physiologischen Eigenschaften einer Bevölkerung verändern sich bei genügend intensiver Inzucht, ausreichender Mischerbigkeit der Ausgangstiere und geringem Selektionsdruck während einer Massenvermehrung von Generation zu Generation, wobei eine zunehmende Variabilität bestimmter Masse und Leistungen kennzeichnend ist.

2. Zusammenbruch oder Nachlassen der Lebensleistung aus genetischen Ursachen muß bei den unter 1 genannten Voraussetzungen auch eintreten, wenn man die Einzeltiere der Wirkung schädigender Außenfaktoren und hoher Populationsdichte weitgehend entzieht, etwa durch Aufzucht im Laboratorium oder im Freilandzwinger; im letzten Fall sind allerdings nur einige Außenfaktoren ausgeschaltet (Übervölkerung, Parasiten, Räuber, Nahrungsmangel). Der Leistungsabfall kann hierdurch unter Umständen hinausgezögert, aber nicht verhindert werden.

3. Je intensiver die Inzucht bei einer genetisch hinreichend „belasteten“ Ausgangsbevölkerung und je geringer zu Anfang die Auslese ist, desto schneller und desto

vollständiger muß eine Gradation durch Degeneration zusammenbrechen. Über Beobachtungen aus dem Gebiet der angewandten Entomologie, die diesen Erwartungen entsprechen, soll im folgenden Abschnitt berichtet werden.

E. Überprüfung der Theorie an bisherigen Beobachtungen bei Massenvermehrungen

I. Verfall während einer Massenvermehrung im Freiland

Wir haben im vorhergehenden Abschnitt die Erwartung ausgesprochen, daß sich unter gewissen Voraussetzungen (s. S. 242) bestimmte Bau- und Leistungseigentümlichkeiten der Tiere während einer Massenvermehrung aus inneren Ursachen verändern im Sinne einer größeren Variabilität und einer schlechteren mittleren Leistung. Aus dem angewandt-entomologischen Schrifttum¹⁾ seien im folgenden einige Beobachtungen angeführt, die der Erwartung entsprechen und somit gleichzeitig als Indizienbeweise für die Richtigkeit der vorgetragenen Anschauung zu werten sind.

Bei der Besprechung der bisherigen Theorien zur endogenen Krisenbildung wurde (S. 231) schon auf die Untersuchungen von MORS (1942 a, b, c, d) und WELLENSTEIN (1942) an der Nonne (*Lymantria monacha* L.) hingewiesen. Das für uns wichtigste Ergebnis dieser großzügig fast über die gesamte Dauer der Gradation durchgeführten Freilandbeobachtungen in der Rominter Heide bildet der Nachweis von sogenannten „gradologischen Faktoren“ (MORS 1942 b). Es sind dies nicht durch Umweltverhältnisse hervorgerufene Veränderungen bestimmter physiologischer Leistungen, die sichere Anzeiger für den Stand der Gradation darstellen.

Zu ihnen gehören: Im Eistadium die endogene Schlüpfsterblichkeit²⁾ der Eiraupen, die im Laufe der Gradation zunahm ($1933/34 = 1,8\%$, $1936/37 = 5,0\%$). „Viele Räupchen hatten nicht mehr die Kraft, sich aus der durchfressenen Eischale herauszuarbeiten“ (WELLENSTEIN 1942, S. 242). Entsprechende Beobachtungen sammelte WELLENSTEIN auch in Neustadt (Thür.) und Schwalgendorf (Ostpr.) im Krisenjahr der Gradation.

Für das Raupenstadium macht MORS (1942 d) eine immer stärker werdende Störung im Reaktionsvermögen auf Licht- und Schwerkraftreize wahrscheinlich, die sich in einem zunehmenden

¹⁾ Wohl bei wenigen Tierarten kennen wir Ablauf und Ursachen der Bestandsschwankungen sowie die damit verbundenen Änderungen von Form und Leistung so gut wie bei unseren wichtigsten Forstschädlingen. Es dürfte sich auch für die genetisch-evolutionistische Forschung lohnen, die hierbei erarbeiteten quantitativen Unterlagen in ihrem Sinne auszuwerten.

²⁾ WELLENSTEIN rechnet sie nicht zu den „gradologischen Faktoren“, da sie nicht so gleichmäßig abändert wie andere Leistungen und dadurch für die Praxis als Gradationsanzeiger weniger brauchbar ist.

Fraß der Jungraupen in der oberen Krone äußert. Eine experimentelle Bestätigung dieses Befundes wäre erwünscht. Außerdem erwies sich die Hungerfähigkeit der Eirauen als vom Stand der Massenvermehrung abhängig (WELLENSTEIN). (Vgl. auch S. 249). — Für das Puppenstadium weist MORS (1942 b) neben einer zunehmenden endogenen Puppensterblichkeit eine Änderung der Beziehung Puppenhülse ngröße / Eizahl im Laufe der Gradation nach. „Diese Änderung drückt sich aus in einem verschiedenen Verlauf der Kurve und in einer Herabsetzung des Korrelationskoeffizienten wie auch der Regression“ (S. 552). Bei Beginn der Massenvermehrung ist die Eiproduktion der ♀♀ aus gleichgroßen Puppenhülsen durchweg größer als beim Höhepunkt derselben; beim Zusammenbruch leisten die kleinen ♀♀ mehr, die großen weniger als vorher. Der Neigungswinkel der graphischen Darstellung dieser Funktion und damit die Regression ändert sich also. Diese Vergrößerung der Eiproduktion im Zusammenbruchsjahr bei einem Teil der Bevölkerung dürfen wir wohl als Ausdruck für die teilweise schon stark wirksame Selektion auffassen, die die schwächeren Individuen zuerst ausgemerzt hat.

Im Falterstadium ergaben sich eine ganze Reihe solcher gradologischen Merkmale: „Das Geschlechterverhältnis, das zwischen 56 und 20 % schwankte, die Lebensdauer der Falter, die von 13,5 bis zu 8,8 Tage schwankte, die Zeugungsstärke der ♂♂, die von 2,7 bis auf 1,0 zurückging und schließlich die mittlere Eizahl, deren äußerste Werte (218 und 127) um 90 Eier auseinanderlagen. Jedes Jahr hatte im Hinblick auf diese Faktoren ein ganz bestimmtes Gradationsbild bzw. eine ganz bestimmte Konstellation“ (MORS 1942 a, S. 202). Bei der Zeugungsstärke der ♂♂, der Lebensdauer der Falter und der mittleren Eizahl finden wir im Jahr des Zusammenbruches bereits einen kleinen Leistungsanstieg, der auch ursächlich der entsprechenden Veränderung der Beziehung Puppenhülse ngröße / Eizahl gleichen dürfte (s. oben). Wieweit diese Änderungen der physiologischen Leistung und die mit dem Leistungsabfall gekoppelte größere Variabilität durch hohe Bevölkerungsdichte oder Außenbedingungen teilweise mit verursacht sein können, soll erst im folgenden Abschnitt besprochen werden.

Die vergleichenden Beobachtungen von MORS (1942 b) in anderen Befallsgebieten und die geschichtlichen Studien von FISCHER (1942) beweisen, daß ein derartiger Leistungsabfall im Laufe einer Gradation für die Nonne eine regelmäßige Erscheinung darstellt, so daß man sie sogar in die Praxis der Prognose einbauen konnte (MORS 1942 b). Wegen der statistisch gesicherten zahlenmäßigen Unterlagen muß auf die Originalarbeiten verwiesen werden.

Eine wenn auch zweifellos ungewollte Bestätigung dieser Befunde gibt JANISCH (1936) durch seine vergleichend-physiologischen Untersuchungen an Nonnenraupen des I. Stadiums aus dem zentralen Befallsgebiet und aus dem Randgebiet. Da die Gradation im Zentrum um 1–2 Jahre der Gradation im Randgebiet voraussetzt, ist der räumliche Unterschied einem zeitlichen gleichzusetzen. Über dies

Problem wird später (s. S. 251) noch mehr zu sagen sein. JANISCH fand bei den Räupchen des stark befallenen Gebietes bei optimalen und bei höheren Temperaturen eine viel höhere Sterblichkeit und längere Entwicklungsdauer. Wenn er dabei als Ursache eine Nachwirkung der Arsenbegiftung der vorhergehenden Generation vermutet, so ist das durch diese Versuche keineswegs bewiesen. Im Zusammenhang mit der allgemeinen physiologischen Schwächung während der Kalamität gesehen ordnet sich das Ergebnis zwanglos in die Feststellungen von MORS und WELLENSTEIN ein.

Für andere Schadinsekten liegen so eingehende Untersuchungen über den Wechsel des Gesundheitszustandes im Laufe einer Massenvermehrung noch nicht vor. Es sei hier mit aller Vorsicht versucht, Einzelbeobachtungen anderer Autoren, die auf ähnliche Vorgänge bei verschiedenen Arten hinweisen, in dieser Richtung auszuwerten; es handelt sich dabei entweder um solche Veränderungen, wie sie ihrer ganzen Natur nach wohl nur innerlich bedingt sein können, oder eine endogene Verursachung wird in Analogie zu den Verhältnissen bei Nonne angenommen. Eine experimentelle Entscheidung dieser Fragen bleibt dringendes Gebot.

Beim Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* L.) berichtet VOELKEL (1930), von einer im Laufe der Gradation erst zunehmenden, dann abnehmenden Größe des Puppengewichtes, Länge der Eischläuche und Zahl der abgelegten und entwicklungsfähigen Eier. Leider bleibt es bei dieser vorläufigen Mitteilung ohne genaue Zahlenangaben. — STAHL (1939) fand, als er die Wechselbeziehung zwischen Puppendurchmesser und Eizahl bei der gleichen Art prüfte, eine wesentlich schlechtere Leistung und andere Regression (ausgedrückt in dem Neigungswinkel des Kurvenbildes) als BRANDT (1936). Eine Veränderung derartiger Beziehungen durch Außeneinflüsse ist zum mindesten unwahrscheinlich. Er vermutet selbst einen Einfluß von „Jahr, Herkunft, Gradationszustand, Populationsdichte u. a. m.“ und erwähnt, daß sein (geringwertiges) Material von den Eltern der Krisengeneration 1936 genommen sei. SCHWERDTFEGER (1941) erwähnt ferner eine von ENGEL im Krisenjahr beobachtete 28prozent. Sterblichkeit der Kiefernspannerpuppen, bei denen der normale Ablauf der Verpuppung gestört war. Es liegt nahe, hierbei an den Ausfall genbedingter Verpuppungshormone zu denken.

Die Frage der inneren Degeneration ist für den Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) in USA. mehrfach untersucht worden, da er dort eingeschleppt, angeblich von nur wenigen Individuen abstammend, eine wirtschaftliche Gefahr bedeutet. Wie gering tatsächlich die Ausgangspopulation war, ist strittig. SCHEDL (1936) sagt dazu (S. 87): „An eingeführten Pflanzen . . . finden sich regelmäßig Eigelege.“ Er berichtet von experimentellen Versuchen durch FERNALD und FORBUSH, die nur eine Generation berücksichtigten und damit wenig beweisen. MOSHER und WEBBER wieder melden einen Rückgang der Raupengroe und Zahl der Eispiegel. Klare Ergebnisse zum Degenerationsproblem aus den USA. liegen leider meines Wissens nicht vor. Um so bedeutsamer sind die Beobachtungen von KLATT (1944) an 30 Jahre ingezuchteten Schwammspinnern. Hohe Sterblichkeit frischgeschlupfter Jungrauen, die trotz reichlichen Futterangebotes nicht daen, während sich Parallelzuchten normal entwickelten, Steckenbleiben der Puppen beim Schlüpfen, Nichtentfalten der Flügel — das sind Er-

scheinungen, die auch vom Autor zum Teil als genetische Folgen der Inzucht gedeutet werden, deren Vergleichbarkeit mit den oben beschriebenen Degenerationserscheinungen der Nonne im Zusammenbruchsjahr gesichert sein dürfte.

Bei der Forleule (*Panolis flammea* L.) finden wir im Schrifttum einige Hinweise, die Änderungen des physiologischen Zustandes aus inneren Ursachen vermuten lassen. Es verlockt hier die unterschiedliche Eiproduktion der ♀♀ in den verschiedenen Jahren und Zonen einer Gradation anzuführen¹⁾. Da aber diese Leistungen besonders leicht durch Umwelteinflüsse beeinflusst werden können, sei hier auf eine Erörterung dieser Frage verzichtet, zumal wohl nur bei der Nonne eine Umweltunabhängigkeit der Leistungsschwankungen nachgewiesen ist. Genannt werden müssen hier jedoch die Untersuchungen von THALENHORST (1938) über die Puppengewicht-Eizahlrelation der Forleule. Auch er fand bei gleichschweren Puppen aus verschiedenen Befallsgebieten mit verschiedenem Stand der Massenvermehrungen sehr unterschiedliche Eierzeugung. Die geringe Leistung der ♀♀ aus Doberschütz z. B., deren Ursachen er offen läßt, könnte man vielleicht auch damit erklären, daß das Material einem wenn auch geringen Gipfelpunkt des hin- und herflutenden Bevölkerungswachstums entstammte²⁾. Leider fehlen auch hier nähere Angaben über den Gang der Gradation und die geprüfte Wirkung der äußeren und inneren Einflüsse. Immerhin ist es mit ein Hinweis für die offenbar allgemein verbreitete Unbeständigkeit dieser physiologischen Leistung im Laufe des Massenwechsels.

Sehr wahrscheinlich sind auch Beobachtungen von FRIEDERICH (1934) an der gleichen Art als Degenerationserscheinungen aufzufassen. Er beschreibt eine 10—20prozent. Sterblichkeit der geschwächten schlüpfenden Falter im Jahre des Zusammenbruchs einer Gradation. „Es gelang ihnen nicht, die Puppenhülle zu verlassen“ (S. 277).

Für den Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.) prüfte RUDELT (1935) die Beziehung zwischen Puppenhülsengröße und Eizahl, und auch er fand geringere Mittelwerte und geringere Maxima, als sie aus der Literatur bekannt waren. Er führt dies sicher richtig auf den Stand der Gradation 1934, im Untersuchungsjahr, zurück, vermutet aber eine direkte Wirkung von hoher Bevölkerungsdichte. Dazu scheint mir aber seine eigene Angabe von nur 45prozent. Nadelverlust im Herbst 1933 nicht zu passen, denn dann stören sich die Raupen weder gegenseitig noch müssen sie hungern.

Die gleiche Beziehung zwischen Kokongröße und Eizahl der schlüpfenden ♀♀ untersuchten bei der Kiefernbuschhorn-

¹⁾ Vgl. ESCHERICH (1931) S. 65, Fußnote. Es heißt da: „Daß bei den Gradationskrisen auch uns unbekannte innere Degenerationserscheinungen mitspielen, ist möglich. Die geringe Eizahl, die die Eulenweibchen am Ende der Gradationsperiode produzieren, spricht jedenfalls für eine solche konstitutionelle Schwächung.“ Der Herausgeber.

²⁾ Nach freundlicher brieflicher Auskunft des Verfassers

blattwespe (*Diprion pini* L.) SCHEDL (1939) und THALENHORST (1941). Beide Verfasser beobachteten eine starke Veränderlichkeit dieser Beziehung im Laufe der Gradation. Obwohl auch hier die Kontrollzuchten unter gleichbleibenden Umweltbedingungen fehlen, liegt es nahe, z. B. bei den sehr wenig Eier produzierenden ♀♀ aus Meppen (SCHEDL), die zu der Krisengeneration gehörten, eine innerlich bedingte Verfallserscheinung anzunehmen. Die Ausdeutung jener Fälle in diesem Sinne wird dadurch noch wahrscheinlicher gemacht, daß es einwandfreie Beweise für umweltbedingte Veränderlichkeit der Beziehung Puppen- bzw. Kokongröße/Eierzeugung meines Wissens noch nicht gibt.

II. Verfallserscheinungen ohne Wirkung der Außeneinflüsse und Bevölkerungsdichte

In diesem Abschnitt wollen wir prüfen, ob sich im Schrifttum Beispiele dafür finden lassen, daß eine Degeneration auch ohne Wirkung schädigender Außenfaktoren oder hoher Bevölkerungsdichte erfolgen muß¹⁾, wenn gewisse Voraussetzungen (genügende Zahl rezessiver, vitalitätssenkender Erbanlagen, Inzucht und geringe Selektion) erfüllt sind. Ungünstige Einflüsse der Umgebung lassen sich bei Zuchten im Laboratorium weitgehend vermeiden. Wenigstens ein Teil der Schadfaktoren wird von den Versuchstieren ferngehalten (Übervölkerung, Parasiten, Räuber, Nahrungsmangel), wenn man sie im Freien einzwängt. Da die Witterungsbedingungen in ihrer Wirkung auf die bestuntersuchten Forstinsekten gut bekannt sind, läßt sich auch dieser Faktor meist bei der Auswertung ausschalten.

Auch hier liegen für die Nonne die gründlichsten Untersuchungen vor. Als erster machte ZWÖLFER (1934) auf eine Verschlechterung der physiologischen Leistung bei Laboratoriumszuchten in 2 aufeinander folgenden Generationen aufmerksam. Bei gleichen Temperatur-, Feuchtigkeits- und Ernährungsbedingungen beobachtete er 1931 eine viel geringere Sterblichkeit der Larven II als 1932. Die Versuchstiere stammten in beiden Jahren aus derselben Gegend, im ersten Jahr waren es Nachkommen vom aufsteigenden Ast der Gradationskurve, im zweiten Jahr Nachkommen von der Generation vom Höhepunkt der Kalamität. Da in beiden Jahren die Zuchtmethoden, wie gesagt, völlig gleich waren, nimmt er mit Recht eine „Änderung der erblichen Eigenschaften“ an. Daß das nicht neue Mutationen zu sein brauchen, wie MORS (1942 a) annimmt, dürfte aus der vorliegenden Theorie klar herauszulesen sein; auch bei einer Änderung der Genkonzentration zugunsten der vitalitätssenkenden Gene beobachten wir eine Veränderung von Eigenschaften, die erblich ist.

Schon die Deutung der Freilandbeobachtungen von MORS (1942 a, b, c, d) zeigt, daß für die Entstehung der gradologischen Merkmale

¹⁾ Nur dann entspricht sie dem, was wir hier unter Degeneration verstehen.

und Verfallerscheinungen weder Witterungseinflüsse noch biotische Gegenspieler einschließlich der Artgenossen entscheidende Bedeutung haben. In vielen Fällen waren die Wetterbedingungen in den Jahren des Verfalls sogar günstiger als in den vorhergehenden, ohne daß dadurch dieser Vorgang aufgehalten werden konnte.

Besonders überzeugend sind die Romintener Zwingerversuche, die während der ganzen Kalamität liefen und einen Überblick über die zunehmende Mortalität und den abnehmenden Weibchenanteil geben, deren Veränderung sich im freien Bestand und im Freilandzwinger in gleicher Richtung bewegte.

Tabelle 1

Prozentuale Sterblichkeit der einzelnen Entwicklungsstadien und Weibchenanteil im Verlauf einer Massenvermehrung (nach WELLENSTEIN 1942, Tabelle 10, gekürzt)

Jahr	Gradationsstand	Ei	I—III	IV—VI	Vorpuppe u. Puppe	Zusammen	♀-Anteil %
a) Im Freilandzwinger							
1934	Prodromal	4,4	14,4	10,0	11,8	40,6	48
1935	Eruption	8,1	10,9	18,3	22,8	61,1	50
1936	Krisis	10,0	9,1	57,2	6,3	83,6	39
1937	Zusammenbruch	22,5	45,5	21,0	4,7	93,7	43
b) Im freien Bestand							
1934	Prodromal	7,2	15,3	13,8	18,0	54,3	51
1935	Eruption	11,4	14,6	24,0	39,7	89,7	46
1936	Krisis	13,9	24,3	45,0	15,0	98,2	26
1937	Zusammenbruch	45,0	30,0	19,0	5,9	99,9	20

Nur der geringe Unterschied der Sterblichkeit zwischen freiem Bestand und Zwinger dürfte also auf die angegebenen Außenfaktoren zurückzuführen sein. Auch der geringe Weibchenanteil im Krisenjahr erweist sich als weitgehend unabhängig von der Bevölkerungsdichte. Bereits SCHWERDTFEGER (1941) weist auf die mögliche Bedeutung von geschlechtsgebundenen Letalfaktoren hin. — Das erdrückende Übergewicht liegt bei den inneren Faktoren, zumal die Witterungslage als Todesursache nach MORS und WELLENSTEIN ausscheiden kann. Auch in den vorhergehenden Jahren sind die Verhältnisse entsprechend, d. h. die konstitutionelle Schwäche, die sich auch in einer größeren Empfindlichkeit gegenüber Erkrankungen äußerte, nahm während der Gradation von Jahr zu Jahr zu, ohne daß Außenfaktoren dafür entscheidend verantwortlich zu machen wären. Dafür sprechen ferner die Verhältnisse im Randgebiet (vgl. S. 253), wo der zeitliche Ablauf der Gradation um 1—2 Jahre verzögert wird. WELLENSTEIN (1942) benützt z. B. die Hungerfähigkeit der Eirauen als umweltunabhängiges Maß für den physiologischen Kräftezustand. Im Befallszentrum fand er schon 1936 hohe Sterblichkeit und geringes Hungervermögen; im Randgebiet, „wo in den Vorbereitungs Jahren die Auslese schärfer war und dementsprechend die Vermehrung nur langsam

vorwärts schritt, haben wir dieselben Hungerkurven nur um zwei Jahre verschoben“ (Abb. 91 bei WELLENSTEIN 1942) (vgl. hierzu auch S. 253 dieser Arbeit). Auch die anderen, S. 244 schon erwähnten gradologischen Merkmale finden wir im Randgebiet, also ohne Wirkung der hohen Bevölkerungsdichte, zeitlich verzögert aber gleichsinnig sich ändernd wie im Hauptbefallsgebiet.

Für die Forleule sind ebenfalls Beispiele bekannt, bei denen ohne oder bei verminderter Wirkung schädigender Außeneinflüsse eine große Sterblichkeit auftrat. So berichtet SACHTLEBEN (1929), daß im Jahre des Zusammenbruchs einer Eulengradation auch seine Zuchten im Laboratorium mißlangen. Alle Puppen starben während der Überwinterung, ohne daß die Zuchtmethoden geändert waren. Die von der vorhergehenden Generation abgelegte Eizahl blieb weit hinter der erwarteten zurück. Auch FRIEDERICH (1934) vermutet innere Veränderungen, als seine „sehr sorgfältig gepflegten“ eingezwängerten Raupen im Krisenjahr plötzlich ohne erkennbare Außeneinflüsse zum großen Teil starben.

Vom Kiefernspanner sind entsprechende Beobachtungen bekannt. In den Laboratoriumszuchten von RHUMBLER (1929) starben 68 % der Vorpuppen und 75 % der Puppen, während gleichzeitig auch im Freiland die Massenvermehrung ohne Mithilfe von Feinden aus der Insektenwelt zu Ende ging. Auch Witterungsbedingungen schieden als Ursache der Sterblichkeit in beiden Fällen aus.

Erwähnt werden muß hier noch die Mitteilung von REH (1930), daß bei seinen im Laboratorium anderthalb Jahrzehnte ingezüchteten Kartoffelkäfern in den letzten Jahren typische Degenerationserscheinungen auftraten: Die ♀♀ fraßen zum Teil ihre frisch gelegten Eier trotz reichlich vorhandenen Futters, die Larven ihre noch nicht geschlüpften Geschwister. An den Zuchtbedingungen hatte sich in den Jahren nichts geändert.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß für eine Reihe wichtiger Insektenarten eine Änderung der physiologischen Leistung (Abschnitt I) oder ein Bevölkerungsrückgang ohne entscheidendes Eingreifen von Außeneinflüssen oder direkte Wirkung der Übervölkerung (Abschnitt II) bekannt geworden sind. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß auch bei anderen Tierarten entsprechende Vorgänge für den Wechsel der Bevölkerungsdichte bedeutungsvoll sind.

III. Der zeitliche und räumliche Verlauf der Gradationen

In der Natur sind zwei Möglichkeiten denkbar, die die Inzucht intensivieren und damit zum Herausspalten von Trägern ungünstiger oder tödlicher Erbanlagen führen.

1. Entweder ist die Auslesekraft der Umwelt einige Jahre ganz gering, so daß ein großer Teil aller Nachkommen der wenigen Aus-

gangstiere überleben kann, auch für die schädigenden Anlagen reinerbig gewordene und somit weniger lebenskräftige Tiere zur Fortpflanzung kommen und dadurch den Prozeß der Degeneration beschleunigen. In diesem Fall ist die Wachstumsgeschwindigkeit der kleinen Ausgangsbevölkerung sehr groß.

2. Oder die Auslesekraft der Umwelteinflüsse ist stärker und reinerbige Träger vitalitätssenkender Erbfaktoren werden in größerer Zahl vor ihrer Fortpflanzung ausgeschieden. Dann ist eine Degeneration der Bevölkerung um so kräftiger, je länger das Wachstum und damit die Inzucht andauert, unabhängig davon, welche Populationsdichte am Ende erreicht wird. In beiden Fällen ist natürlich der Grad der Mischerbigkeit der Ausgangsbevölkerung und eine gewisse Begrenzung der Ausbreitungsmöglichkeit wichtig.

Diese Gedankengänge weisen vielleicht darauf hin, wie sich manche im Schrifttum schon länger bekannten, aber nicht restlos erklärbaren Formen der Populationswellen in Zeit und Raum verstehen lassen.

WELLENSTEIN (1942) beschreibt den so typisch verschiedenartigen zeitlichen Verlauf der Nonnengradation in nord- und ostdeutschen Kiefern- und Fichtenbeständen. In den Kiefernwäldern ist der Normalbestand besonders gering, die Massenvermehrung besonders explosionsartig und kurz, der Zusammenbruch erfolgt also nach schnellem Bevölkerungswachstum sehr rasch. Gewiß mag der von MORS (1942 d) als Ursache angegebene Unterschied in der Nahrungsqualität von Kiefer und Fichte eine Rolle spielen. Wenn aber WELLENSTEIN (1942) sagt: „Die explosionsartigen, meist ebenso kurzen wie heftigen Massenvermehrungen der Nonne in Kiefernbeständen sind wahrscheinlich auf die starken Schwankungen im Weibchenanteil und der mittleren Eizahl zurückzuführen“, so möchte ich eher glauben, daß Ursache und Folge hier zu vertauschen sind. Die Schwankungen dieser vermehrungsbestimmenden Größen, die neben anderen „gradologischen Merkmalen“ (MORS 1942 b) sich im Laufe einer Massenvermehrung ohne äußere Ursachen ändern, scheinen mir eher als Krisenerscheinungen zu werten und durch die beschriebenen Folgen starker Inzucht nach schnellem Bevölkerungswachstum bedingt zu sein als anders herum. Diese Art des Gradationsverlaufes in Kiefernrevieren wäre also möglicherweise nach dem unter 1. gegebenen Erklärungsmodus zu verstehen, dessen Voraussetzungen hier zutreffen.

Im Fichtenwald liegen die Verhältnisse etwas anders: „Die gegenüber dem Kiefernwald kühleren Mitteltemperaturen und abgeschwächten Extreme verzögern den Gradationsverlauf. Die Massenvermehrung erreicht aber infolge der besonders günstigen Lebensbedingungen eine große Bevölkerungsdichte (aber langsamer! D. Verf.), die schließlich ausgedehnte Bestandsschäden im Gefolge hat“ (WELLENSTEIN 1942, S. 270). Hier würde also der unter 2. geschilderte

Fall vorliegen, wonach bei verzögertem Gradationsverlauf = langsamem Wachstum der Bevölkerung mehr Generationen notwendig sind, bis es zur Krise aus endogenen, genetischen Gründen kommt. Daß eine solche Degeneration der Nonne dann auch im Fichtenwald stattfindet, wissen wir seit den vorbildlichen Untersuchungen von MORS (1942 a, b, c, d) und WELLENSTEIN (1942).

Eingehend hat sich SCHWERDTFEGER (1935) mit der Form der Gradationskurven der wichtigsten Forstschädlinge (z. B. Kiefernspanner und Kieferneule) befaßt. Bei diesen zu besonders typischem Massenwechsel neigenden Forstinsekten findet er als gemeinsames Kennzeichen des Verlaufes, daß „die Zahl der Progradationsjahre im allgemeinen umgekehrt proportional zur Zahl der Regressionsjahre“ ist. Die Beobachtung, daß auf eine lange Zeit des Bevölkerungswachstums ein sehr energischer Zusammenbruch erfolgt, würde sich mit dem unter 2. angegebenen Erklärungsmodus decken. Auch der andere Fall, daß nach kurzem Bevölkerungswachstum die Krise länger dauert, widerspricht ihm nicht, da die Formulierung von SCHWERDTFEGER (1935) nur die Dauer des Wachstums, nicht seine Intensität berücksichtigt. Im Gegenteil, nach Punkt 2 müssen wir sogar erwarten, daß bei kurzdauernder Inzucht weniger für ungünstige Anlagen reinerbige Tiere herauspalten und der Zusammenbruch damit hinausgezögert wird. — Wir wollen auch nicht übersehen, daß alle dichteabhängigen inneren und äußeren Einflüsse zur Erklärung dieses letzten Gradationsverlaufes herangezogen werden können. Daß nach unserer Theorie in gewissen Fällen nicht die Bevölkerungsdichte an sich, sondern die intensive Inzucht und mangelnde Auslese entscheidend wirksam sind, dürfte aus dem Abschnitt D klar geworden sein (vgl. auch das Folgende).

Besonders die Untersuchung des Ablaufes von Populationswellen im Raum ergibt, daß die Erklärungsversuche der Krisenerscheinungen aus dichteabhängigen Gründen nicht immer ausreichen. Wir wollen dabei von den Fällen absehen, in denen ein gleichzeitiger Zusammenbruch im Zentrum und Randgebiet¹⁾ durch dichteunabhängige Witterungseinflüsse nachgewiesen ist. In den anderen gut untersuchten Fällen finden wir die Krise im dichtbesiedelten Zentrum und dünnbevölkerten Randgebiet der Massenvermehrung entweder gleichzeitig oder häufiger im Randgebiet um 1—2 Jahre verzögert, ohne daß dort die Bevölkerungsdichte des Hauptbefallsgebietes erreicht wird. Gewiß mag dabei eine Abwanderung von natürlichen Feinden ins Randgebiet, wie es z. B. für die Nonnentachine nachgewiesen ist (NIKLAS 1939), mit eine Rolle spielen, wie

¹⁾ Die Ausdrücke „Zentrum“ und „Randgebiet“ sind hier in dem im angewandt-entomologischen Schrifttum üblichen Sinne verwendet. Man darf nie vergessen, daß die Unterteilung in derartige Zonen immer etwas willkürlich Schematisierendes darstellt, das den fließenden Veränderungen in der Natur nie völlig gerecht werden kann.

überhaupt zur Erklärung derartig komplexer Vorgänge fast nie eine Ursache ausreicht¹⁾. Das Nachlassen der Vitalität, die Degeneration der Bevölkerung, wie sie oft auch im Randgebiet aufzutreten pflegt (vgl. S. 249), läßt sich durch natürliche Feinde jedoch ebenso wenig erklären wie durch Nahrungsmangel, Nahrungswechsel oder gegenseitige Beunruhigung der Raupen; dies hat MORS (1942 b) im Gegensatz zu EIDMANN (1934) und stärker als WELLENSTEIN (1942) schon ganz klar herausgestellt. Auch meine eigenen Beobachtungen, die sich im Krisenjahr 1936 als Leiter einer biologischen Station im grün gebliebenen Randgebiet der Rominter Heide (unter Leitung von WELLENSTEIN) sammeln konnte, stimmen mit der Ansicht von MORS vollkommen überein. Der schnelle und vollständige Zusammenbruch einer Nonnengradation im Entstehungsgebiet, wo nach WELLENSTEIN (1942) besonders günstige Bedingungen herrschen, wäre nach Punkt 1 S. 250 wohl am zwanglosesten zu erklären. In dem ungünstigeren Randgebiet mit stärkerer Auslese muß das Bevölkerungswachstum und die Inzucht in der Regel länger wirken, bevor auch dort die Krise aus inneren Ursachen entsteht²⁾. Der Zusammenbruch ist dort nie so vollständig wie im Zentrum, wo die Art nach WELLENSTEIN (1942) für Nonne, nach ESCHERICH (1931) für Forleule, ausstirbt. Die überlebenden Tiere des Randgebietes sind phänotypisch frei von ungünstigen Anlagen, haben eine starke Selektion überstanden und sind besonders vital (vgl. Abschnitt I). Sie besiedeln in der folgenden Zeit das zentrale Gebiet des Massenwechsels wieder neu.

Dieser Verlauf der Gradation im ungünstigeren Randgebiet, wie wir ihn seit den Romintener Untersuchungen wenigstens für Nonne besonders genau kennen, spricht auch gegen die Ansicht von MORS (1942 c), daß im Kiefernwald die Krise schon nach kürzerer Zeit

¹⁾ Der Einwand, daß Verfallserscheinungen in der dünnbesiedelten Randzone durch Polyederinfektion vom Zentrum aus verursacht werden, läßt sich zur Zeit zwar noch nicht für alle Fälle schlüssig widerlegen. Jedoch ist dieser Grund äußerst unwahrscheinlich, da wir (nach freundlicher mündlicher Auskunft von Dr. BERGOLD, Tübingen) keine sicher durch Polyedrie bedingten Formen physiologischen Verfalls kennen, die den geschilderten entsprechen, während gleichartige genetisch bedingte Degenerationserscheinungen in größerer Zahl bekannt sind. Die Prüfung der Initialschäden bei beginnender Polyederinfektion mit bekannten Dosen bleibt dringendes Gebot.

²⁾ Theoretisch könnte ein gleichzeitiger Zusammenbruch in Zentrum und Randgebiet außer durch äußere Faktoren auch genetisch bedingt sein; man müßte dann annehmen, daß entweder die Ausgangsbevölkerung im Randgebiet besonders reich an ungünstigen Genen im rezessiven Zustand war; oder das Randgebiet ist von einer im Entstehungszentrum der Gradation bereits weitgehend degenerierten Bevölkerung erst verhältnismäßig spät besiedelt worden. Die stärkere Auslese konnte dann den im Gang befindlichen Verfallsprozeß auch nicht mehr entscheidend aufhalten. —

kommt, weil dort die Nahrungsverhältnisse weniger günstig wären. Ungünstige Lebensbedingungen müßten sich dann auch im Randgebiet in einem früheren und intensiveren Zusammenbruch im Vergleich zum Zentrum äußern, während das Umgekehrte der Fall ist.

Bei anderen Insektenarten liegen Untersuchungen noch kaum vor, bei denen außer dem zahlenmäßigen Rückgang im Randgebiet auch die Veränderung des Gesundheitszustandes verfolgt wurde. Einzelbeobachtungen, die in dieser Richtung weisen könnten, sind in den vorhergehenden Abschnitten zusammen mit den genauen Untersuchungen an Nonne besprochen worden¹⁾. Abschließend sei nochmals betont, daß es sich bei den oben behandelten Erklärungen nahezu überall nur um Möglichkeiten handelt und daß die Darstellung, dem bisher zu wenig beachteten genetischen Gesichtspunkt zuliebe bewußt mehr oder weniger voreingenommen ist, indem nicht jedesmal die andere Möglichkeit der Umweltbedingtheit eigens betont wird.

IV. Beispiele aus der experimentellen Genetik

Es könnte die Frage auftauchen, ob denn die Erbfaktoren für derartig vielseitige Änderungen von Form und Leistung, wie sie hier unter der Überschrift der Degenerationerscheinungen geschildert worden sind, überhaupt verantwortlich gemacht werden könnten und ob es Beispiele für solche Verfallserscheinungen gibt, die nachweislich genetisch bedingt sind. Derartige Beispiele lassen sich in der Tat leicht aufführen und sind zum größten Teil bereits in Abschnitt C besprochen. Zusätzlich seien noch die Untersuchungen von GOLDSCHMIDT (1929, 1932, 1933) am Schwammspinner erwähnt, in denen die Entwicklungsgeschwindigkeit, Dauer der Winterruhe, Farbe der Raupen, Größe der Falter, Empfindlichkeit gegen Infektionskrankheiten u. a. als erblich bestimmt nachgewiesen werden. Selbstverständlich sind die meisten dieser Merkmale auch modifikatorischen Einflüssen zugänglich, was die Prägung des Wortes „Phänokopie“ veranlaßte. GEISSEL (1936) zeigte das Nachlassen der relativen Vitalität, gemessen an der Aufwachsahl unter bestimmten Zuchtbedingungen, bei Inzuchtstämmen der Mehlmotte. Unsere Kennt-

¹⁾ Eine interessante Beobachtung aus dem Thüringer Nonnenbafallsgebiet von 1938—1944 stellte Forstmeister Dr. WELLENSTEIN freundlicherweise zur Verfügung: Nach ihm wurde dort der Zusammenbruch im Zentrum, der 1942 sicher zu erwarten war, durch die Begiftung des Gebietes und die dadurch bewirkte Abtötung eines Teiles der Bevölkerung herausgezögert, so daß es noch 1943 und 1944 zu schweren Fraßschäden kam. Es wäre denkbar (wenn es auch noch unbewiesen bleibt), daß durch Ausmerzungen der gegen das verwandte Kontaktgift besonders empfindlichen jungen Raupenstadien, also der Nachzügler in der Entwicklung, gleichzeitig die am stärksten degenerierten Individuen aus der Bevölkerung ausgeschieden wurden, was also einer künstlichen Überführung vom Zusammenbruchstypus 1 dieses Abschnittes in Typus 2 entsprechen würde. Planmäßige Verfolgung dieses Fragenkreises und systematische Weiterbeobachtung auch nach dem Zusammenbruch einer Katastrophe würden hier gewiß wichtige Erkenntnisse bringen.

nisse über die Wirkung einzelner letaler Gene auf den Entwicklungsablauf wurden vor allem durch die Untersuchungen von HADORN (1938) an *Drosophila* erweitert. Er wies nach, daß solche Keime, die in bezug auf einen bestimmten letalen Erbfaktor homozygot waren, sich bis zum Stadium der ausgewachsenen Larve entwickelten, dann aber keine normalen Imaginalscheiben ausbildeten und abstarben. Dies ist ein Beispiel dafür, wie die verschiedenen entwicklungsphysiologischen Prozesse in ungleichem Ausmaße von den Wirkungen der Letalfaktoren betroffen werden.

Die Erscheinung, daß bei einer Degeneration meist mehrere Merkmale abändern, läßt sich vielleicht durch die polyphäne Wirkung der Gene am leichtesten verstehen. Über die Verbreitung der ungünstigen Mutationen in Wildbevölkerungen wurde schon berichtet (S. 238). — Nach dem heutigen Stand der Vererbungsforschung können wir sagen, daß es kein morphologisches oder physiologisches Merkmal gibt, das nicht durch Erbanlagen mitbedingt wäre (Beispiele bei DOBZHANSKY 1939 und KÜHN 1939). „Die ... Erbanlagen bestimmen durch ihre ineinandergreifende Wirkung eine Fülle von Vorgängen, die unter sich und mit bestimmten Außenwirkungen in einem dynamischen Gleichgewicht stehen. Der Ausdruck dieses Gleichgewichtes ist die Lebenserhaltung und Fortpflanzung der Einzelwesen und damit die Erhaltung der Art“ (KÜHN 1939, S. 119).

F. Diskussion und Programm

In einer neueren Arbeit setzt sich SCHWERTFEGER (1941) mit der Übervölkerungstheorie von EIDMANN (1934, 1937) auseinander. Er zeigt an überzeugenden Beispielen, daß die Populationsbewegungen bei bestimmten Forstinsekten keine regelmäßigen Wellenbewegungen sind, wie es nach der Theorie EIDMANNs anzunehmen wäre, sondern ein Wechsel von stärkeren und schwächeren Vermehrungen. Eine Massenvermehrung ist „nichts anderes als ein starkes Ausschlagen der stets hin- und herpendelnden Bevölkerungskurve nach der positiven Richtung“ (SCHWERTFEGER¹⁾). Zur Rechtfertigung der Übervölkerungstheorie könnte man nun annehmen, daß der Satz: „Die Krisenfaktoren können somit geradezu als eine Funktion der Populationsdichte aufgefaßt werden“ (EIDMANN 1937), nur für die besonders hohen Gradationszacken, die sogenannten Kalamitäten gilt; bei geringeren Ausschlägen der Bevölkerungskurve könnten ja andersartige, vor allem biozönotische Ursachen, für den baldigen Rückgang verantwortlich sein.

Die hier angeführten Beispiele scheinen mir aber darauf hinzuweisen, daß auch die Krisen der Kalamitäten, der besonders hohen Populationswellen, durch Übervölkerungskrankheiten nach dem Konkurrenztyp allein nicht zu erklären sind. Dafür sprechen vor allem

¹⁾ Die gleiche Anschauung äußerte ELTON (1930) bereits in seiner gedankenreichen Schrift „Animal ecology and evolution“.

die angeführten zahlreichen Verfallserscheinungen auch bei geringer Bevölkerungsdichte, wie sie durch Beobachtung im Randgebiet und Freiland- bzw. Laboratoriumszuchten nachgewiesen sind. Außer mit den bisher bekannten dichteabhängigen Begrenzungsfaktoren einer Massenvermehrung haben wir zweifellos auch mit solchen Kräften zu rechnen, die primär durch bestimmte Erbanlagen, sekundär erst durch Inzucht und mangelnde Auslese zu natürlichen Regulatoren des Bevölkerungswachstums werden. Ihre Wirkung ist meist, aber nicht notwendig, mit hoher Populationsdichte gekoppelt.

Um in das Wirken dieser Kräfte näheren Einblick zu gewinnen und um den Ablauf einer Massenvermehrung genauer als bisher möglich voraussagen zu können, ist es unbedingt notwendig, die angeführte Theorie durch weitere Versuche zu unterbauen. Die Beantwortung folgender Fragen, zu der Ansätze schon vorliegen, erscheint vor allem erforderlich:

Wie stark sind bestimmte, gradologisch wichtige, Form- und Leistungsmerkmale der Tierarten durch Erbanlagen bzw. durch Umweltkräfte bedingt (Versuche mit Biotypen, Prüfung der Nachwirkung von äußeren Schadfaktoren auf die nächste Generation)? Wie reich sind die natürlichen Populationen der wichtigsten Schadinsekten an vitalitätssenkenden Erbanlagen im verdeckten Zustand? Wie intensiv ist die Inzucht und Auslese im Laufe einer Gradation in den verschiedenen Generationen und Befallszonen? Beobachten wir bei entsprechender Inzucht von Wildtieren im Laboratorium unter gleichbleibenden Umweltbedingungen Verfallserscheinungen wie im Freiland? Wie groß ist der Anteil der Degeneration am Zusammenbruch in den verschiedenen Jahren und Befallsgebieten?

Die vorliegende Theorie der genetisch bestimmten Krisenentstehung bei Massenvermehrungen ist also zugleich ein Programm, dessen Bearbeitung sich nicht nur der theoretischen, sondern vor allem der praktischen Folgerungen wegen lohnt. Je mehr wir über die Gesetze der Bevölkerungsbewegungen bei den Tieren wissen, desto sicherer finden wir auch den richtigen Ansatzpunkt, um ihren Verlauf vorausszusagen und in unserem Sinne zu beeinflussen.

Abschließend sei nochmals betont, daß mit dieser Theorie keineswegs jeder Zusammenbruch einer Massenvermehrung erklärt werden soll, da zweifellos oft äußere Einflüsse oder Übervölkerung das Wachstum der Population beenden, bevor noch innere Schadfaktoren wirksam oder zum mindesten erkannt werden. Ich stimme vollkommen mit den Autoren überein, die sehr verschiedenartige regulatorische Kräfte annehmen, welche die Populationsdichte der Art

wieder auf das normale Maß zurückführen. Ich glaube allerdings mit der angeführten Theorie wenigstens die Grundlage zum Verständnis einer dieser Kräfte gegeben zu haben, die bisher wohl noch wenig beachtet und in ihrer Auswirkung und Verbreitung noch kaum untersucht worden ist. Wenn hierdurch derartige Untersuchungen angeregt und die Zusammenarbeit zwischen Populationsgenetik und angewandter Zoologie gefördert werden sollte, hat die Arbeit ihren Hauptzweck erfüllt.

G. Zusammenfassung

Es wird eine Theorie gegeben, die die genetischen Grundlagen der Verfallserscheinungen im Verlauf einer Massenvermehrung darstellen will, indem sie die bisherigen Ergebnisse angewandt entomologischer Arbeiten über den Massenwechsel mit den Ergebnissen der modernen Populationsgenetik vereinigt.

Nach einer Besprechung der genetischen Grundlagen (Variabilität in Bevölkerungen, Inzucht und Selektion) wird im Kapitel D die eigentliche Theorie entwickelt. Sie besagt, daß durch Herausspalten rezessiver, vitalitätssenkender Erbanlagen, wie sie in natürlichen Populationen weit verbreitet sind, auf dem Wege der bei schneller Vermehrung einer kleinen Ausgangsbevölkerung notwendigen Inzucht und durch zeitweiliges Nachlassen des Selektionsdruckes eine allgemeine Verschlechterung der physiologischen Leistung entstehen muß, die zu einem Zusammenbruch der Gradation aus inneren Ursachen führen kann. Eine derartige Krisenentstehung wird als „Degenerationstyp“ bezeichnet.

Auf Grund dieser Anschauung werden drei Erwartungen über Art und Ausdehnung des Gradationsverlaufes ausgesprochen, die an Hand der vorliegenden Beobachtungen aus dem Gebiet der angewandten Entomologie und der Genetik geprüft und bestätigt werden können. Aus dieser Theorie, die keine allgemein und allein gültige Lösung des Krisenproblems darstellen soll, sondern nur die genetische Komponente des Ursachenkomplexes etwas näher zu beleuchten versucht, ergibt sich abschließend ein vielseitiges Arbeitsprogramm.

H. Schrifttum

- ABEL, O. (1923), Gedanken über die Ursachen der Degeneration und deren phylogenetische Bedeutung. *Palaeontologia Hungari* 1, 3. Budapest.
- BAUER, H., u. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, N. W. (1943), Genetik und Evolutionsforschung bei Tieren. In: *Die Evolution der Organismen*, herausgegeben von HEBERER. Jena, G. Fischer.
- BLUNCK, H. (1930), Der Massenwechsel der Insekten und seine Ursachen. 4. Wandervers. D. Entomol. in Kiel.
- BRANDT, H. (1936), Puppengewicht, Puppengröße und Eizahl beim Kiefernspanner, *Bupalus piniarius* L. *Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss.* 7, S. 413.
- CHAPMAN, R. N. (1928), The quantitative analysis of environmental factors. *Ecology* Vol. IX, S. 11.

- CHAPMAN, R. N. (1931), Animal ecology, with a special reference to insects. New York a. London.
- D'ANCONA, U. (1939), Der Kampf ums Dasein. Deutsche Übersetzg. Berlin, Verlag Borntraeger.
- DOBZHANSKY, TH. (1939), Die genetischen Grundlagen der Artbildung. Deutsch von W. LERCHE. Jena, G. Fischer.
- EIDMANN, H. (1934), Zur Epidemiologie der Forleule. Die Forleule in Preußen. Hannover, Schaper.
- (1937), Zur Theorie der Bevölkerungsbewegung der Insekten. Anz. f. Schädlingskde. 13, S. 25 u. 47.
- ELTON, CH. (1930), Animal ecology and evolution. Oxford.
- ESCHERICH, K. (1913), Ein Vorschlag zur Hebung der Forstentomologie. Nat. Zeitschr. f. Forst- u. Landw.
- (1931), Die Forstinsekten Mitteleuropas Bd. III. Berlin, Paul Parey.
- FEDERLEY, H. (1927), Das Inzuchtproblem. Handb. d. Vererbgswiss. Berlin.
- FISCHER, E. (1914), Die Rassenmerkmale des Menschen als Domestikationserscheinungen. Z. Morphol. u. Anthropol. 18.
- FISCHER, H. (1942), Die Massenvermehrung der Nonne in den Staatsforsten des Regierungsbezirkes Gumbinnen 1897—1902. In: „Die Nonne in Ostpreußen 1933—1937“. Monogr. z. angew. Entomologie Nr. 15.
- FORD, H. B. u. E. B. (1930), Fluctuation in numbers, and its influence on variations in *Melitaea aurinia* Rott. Trans. ent. Soc. 78, S. 345. London.
- FRANZ, J. (1940), Phasenwechsel und Massenwechsel bei Wanderheuschrecken. Z. f. angew. Entom. 26, S. 664.
- (1941), Der Tannentriebwickler *Cacoecia murinana* Hb., Beiträge zur Bionomie und Ökologie. Z. f. angew. Entom. 27, S. 345 u. 585.
- FRIEDERICH, K. (1930), Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie; II. Bd. Berlin, Paul Parey.
- (1934), Die Kieferneule in Mecklenburg. II. Das Ende der Plage. Forstw. Centralbl. 56, S. 276.
- GEISSEL, H. (1936), Entwicklungsdauer, Flügellänge und Vitalität ingezüchteter Mehlmottenstämme und ihrer Kreuzungen. Z. ind. Abst.-Vererb.lehre 71, S. 382.
- GOLDSCHMIDT, R. (1929), Untersuchungen zur Genetik der geographischen Variation II. Roux' Archiv f. Entw.-mech. 116, S. 136.
- (1932), Untersuchungen zur Genetik der geographischen Variation V. Ibid. Bd. 126, S. 674.
- (1932), Untersuchungen zur Genetik der geographischen Variation VI. Ibid. Bd. 136, S. 266.
- HADORN, E. (1938), Die Degeneration der Imaginalscheiben bei letalen *Drosophila*-Larven der Mutation „lethal-giant“. Rev. Suisse de Zool. 45, S. 425.
- HOFMANN, CH. (1934), Der Einfluß von Hunger und engem Lebensraum auf das Wachstum und die Fortpflanzung der Lepidopteren. Z. f. angew. Entom. 20, S. 51.
- HORN, W. (1930), Einige Bedenken gegen neuere Anschauungen über Massenvermehrung von Insekten. 4. Wandervers. D. Entom. 43.
- JANISCH, E. (1936), Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. f. Schädlingskde. 12.
- (1938 a), Untersuchungen über den Massenwechsel von Schadinsekten, Z. f. Pflanzenkr. u. Pflanzenschutz 48, S. 435.
- (1938 b), Das klimatische Optimum der Nonnenraupe. Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss. 9.
- (1941), Über die Bewertung der Mortalitätsfaktoren beim Massenwechsel von Schadinsekten. Z. f. angew. Entom. 28, S. 241.
- JOHANNSEN, W. (1926), Elemente der exakten Erblchkeitslehre. 3. Aufl. Jena.
- JUST, G. (1935), Variabilität in: Handwörterbuch d. Naturwiss. S. 136.

- JUST, G. (1928), Methoden der Vererbungslehre. In: Methodik d. wiss. Biologie II, herausgegeben von T. PÉTERFI.
- KAPPERT, H. (1934), Grundriß der gärtnerischen Pflanzenzüchtung. Berlin, Paul Parey.
- KLATT, B. (1944), 30 Jahre Inzucht beim Schwammspinner. Zool. Anz. 144, H. 9/10.
- KÖHLER, W. (1940), Der Einfluß verschiedenen Ernährungsgrades auf äußere Körpermerkmale, auf die Entwicklungsgeschwindigkeit, Lebensdauer und Fortpflanzungsfähigkeit von *Ephesia kühniella* Zeller. Biol. Cbl. 60, S. 34.
- KRONACHER, C. (1925), Der heutige Stand der Inzuchtfrage. Z. f. Tierzüchtg. u. Züchtungsbiol. 2, S. 1.
- KÜHN, A. (1934), Über den biologischen Wert von Mutationsrassen. Forsch. u. Fortschr. 10.
- (1939), Grundriß der Vererbungslehre. Leipzig, Quelle u. Meyer.
- LORENZ, K. (1940), Durch Domestikation verursachte Störungen arteigenen Verhaltens. Z. angew. Psychol. u. Charakterkde. 59.
- LUDWIG, W. (1944), Über Inzucht und Verwandtschaft. Z. f. menschl. Vererb.- u. Konst.lehre 28, S. 278—312.
- MORS, H. (1942 a), Der Nonnenfalter während einer Massenvermehrung. In: „Die Nonne in Ostpreußen (1933—1937)“ Monogr. z. angew. Entom. Nr. 15.
- (1942 b), Untersuchungen zur Nonnenprognose WELLENSTEINS und die Bedeutung gradologischer Merkmale. Ibid.
- (1942 c), Die Entwicklung der Nonne im Freiland unter besonderer Berücksichtigung des Klimas und der Fraßpflanze. Ibid.
- (1942 d), Aktivität und Fraß der Nonnenraupe in den verschiedenen Jahren ihrer Massenvermehrung. Ibid.
- NIKLAS, O. F. (1939), Zum Massenwechsel der Tachine, *Parasetigena segregata* Rond. in der Rominter Heide. Z. f. angew. Entom. 26, S. 63.
- PEARL, R. (1925), The biology of population growth. New York.
- REH, L. (1930), Über die Ursachen stärkeren und schwächeren Auftretens von Insekten. Anz. f. Schädlingskde. 6, S. 1.
- REINIG, W. F. (1938), Der genetische Aufbau von Sippen. Forsch. u. Fortschr. 14, S. 272.
- RHUMBLER, L. (1929), Zur Begiftung des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.) in der Oberförsterei Hersfeld-Ost 1926. Z. f. angew. Entom. 15, S. 137.
- RUDELT, J. (1935), Über die Beziehungen zwischen Puppengewicht und Eiproduktion beim Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.) Anz. f. Schädlingskde. 11, S. 1.
- SACHTLEBEN, H. (1929), Die Forleule, *Panolis flammea* Schiff. Monogr. z. Pflanzenschutz Nr. 3, Berlin, J. Springer.
- SCHEDL, K. (1936), Der Schwammspinner in Euroasien, Afrika und Neuengland. Monogr. z. angew. Entom. Nr. 12.
- (1939), Blattwespenkokongröße und Fruchtbarkeit der schlüpfenden Weibchen. Anz. f. Schädlingskde. 15, S. 25.
- SCHWERTFEGGER, F. (1934), Untersuchungen über die Mortalität der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) im Krisenjahr einer Epidemie. Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss. 5, S. 417.
- (1935), Studien über den Massenwechsel einiger Forstschädlinge. II. Über die Populationsdichte von *Bupalus piniarius* L., *Panolis flammea* Schiff., *Dendrolimus pini* L., *Sphinx pinastri* L. und ihren zeitlichen Wechsel. Z. f. Forst- u. Jagdwesen 67, S. 449.
- (1941), Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. Z. f. angew. Entom. 28, S. 254.
- SMIRNOV, E. u. WIALOVITSH, N. (1934), Über den Zusammenhang zwischen der Populationsdichte und Eierproduktion der Weibchen bei der Schildlaus *Chionaspis salicis* L. Z. f. angew. Entom. 20, S. 415.

- STAHL, H. (1939), Über die Beziehungen zwischen Puppendurchmesser, Puppengewicht, Puppenvolumen und Eizahl beim Kiefernspanner *Bupalus piniarius* L. In: Der Kiefernspanner 1937, S. 113. Verlag Schaper, Hannover.
- STROHL, J., u. KÖHLER, W. (1935), Die Wirkung eines pleiotropen Gens auf Färbung, Lebensdauer und Fortpflanzungsfähigkeit der Imago bei der Mehlmotte *Ephestia kühniella* Z. Ges. d. Wissensch. Göttingen, Nachr. a. d. Biologie 2, S. 31.
- SUBKLEW, W. (1939), Untersuchungen über die Bevölkerungsbewegung des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.). In: Der Kiefernspanner 1937. Verlag Schaper, Hannover.
- THALENHORST, W. (1938), Die Puppengewicht-Eizahlrelation der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.). Anz. f. Schädlingskde. 14, S. 105.
- (1941), Zur Prognose des Schadauftritts der Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion pini* L.) Z. f. Forst- u. Jagdwesen 73, S. 201.
- THOMPSON, TH., u. PARKER, H. L. (1928), The european corn borer and its controlling factors in Europe. Techn. Bull. USA, Dep. of Agr. 59.
- TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, H. A. u. N. W. (1927), Genetische Analyse einer freilebenden *Drosophila melanogaster*-Population. Roux' Archiv f. Entw.-mech. 109, S. 70.
- ULMANN, E. (1941), Die regulatorische Bedeutung der Bevölkerungsdichte für das natürliche Gleichgewicht einer Art. Z. f. angew. Entom. 28, S. 1.
- UVAROV, B. P. (1928), Locusts and grasshoppers. London.
- VOELKEL, H. (1930), Vorläufige Mitteilung über den gesetzmäßigen Ablauf der Massenvermehrung von Insekten. Nachrbl. f. Deutsch. Pflanzenschutzdienst.
- WELLENSTEIN, G. (1942), Zum Massenwechsel der Nonne. In: „Die Nonne in Ostpreußen (1933—1937)“. Monogr. z. angew. Entom. Nr. 15.
- ZWÖLFER, W. (1930), Zur Theorie der Insektenepidemien. Biol. Zbl. 50, S. 724.
- (1934), Studien zur Ökologie, insbesondere der Bevölkerungslehre der Nonne *Lymantria monacha* L. Z. f. angew. Entom. 20, S. 1.

Der Einfluß von Tageszeit und Witterung auf Ausschlüpfen, Begattung und Eiablage des Springwurmwicklers *Sparganothis pilleriana* Schiff.¹⁾

Von

Dr. BRUNO GÖTZ

Mit 10 Abbildungen

Im Jahre 1943 habe ich über Freilanduntersuchungen berichtet, die sich mit dem Ausschlüpfen, der Begattung und der Eiablage des besonders als Rebschädling gefährlichen Springwurmwicklers *Sparganothis pilleriana* Schiff. befaßten (6). Mit Hilfe besonderer Beobachtungsgeräte, sogenannten Schlüpf-, Begattungs- und Eiablageuhren (2, 3, 4, 7), welche die stündlichen Ergebnisse festhalten und nach 12 Stunden noch abzulesen gestatten, konnte das Verhalten des Schädlings im Freien, also unter naturgerechten Bedingungen studiert werden. Die Resultate unterschieden sich daher hinsichtlich ihrer Genauigkeit und praktischen Verwendbarkeit wesentlich von früheren Laboratoriumsbefunden.

Es ließ sich 1943 ermitteln, daß beim Springwurmwickler in derselben Weise wie bei den Traubenwicklern die Erfüllung der verschiedenen Lebenstätigkeiten an bestimmte Tageszeiten und Temperaturen gebunden ist. Besonders interessant war dabei die Feststellung, daß die zeitlichen Rhythmen bei den verschiedenen Funktionen (Ausschlüpfen der Imagines, Begattung und Eiablage), wenigstens was die Höhepunkte anbelangt, nicht übereinstimmten.

Zum Teil bedurften die Versuche des Jahres 1943 noch einer Ergänzung. Insbesondere betraf dies jene über die Eiablage, wofür nicht genügend trüchtige Weibchen zur Verfügung gestanden hatten. Die Untersuchungen wurden daher 1944 weitergeführt. Im folgenden sind die Gesamtergebnisse, die 1943 und 1944 erzielt wurden, zusammengefaßt.

I. Das Ausschlüpfen der Imagines

Im Jahre 1943 waren die meisten Motten des Springwurmwicklers morgens und abends mit Höhepunkten zwischen 8 und 9 bzw. 20 und

¹⁾ Die experimentellen Arbeiten wurden an der Staatl. Versuchs- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau in Geisenheim (Rhg.) durchgeführt.

21 Uhr geschlüpft, wenige tagsüber, in den eigentlichen Nachtstunden zwischen 23 und 3 Uhr dagegen überhaupt keine.

Das 1944 benutzte Beobachtungsgerät war das gleiche wie im Vorjahr. Es nützt die Neigung vieler Insekten aus, unmittelbar nach dem Schlüpfen, zum Entfalten der Flügel, aus der Horizontalen an eine Vertikale und ins Helle zu

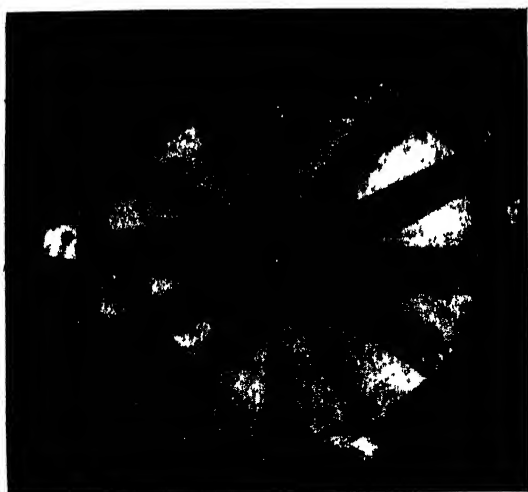


Abb. 1. Schlüpfuhr (von oben)

kriechen. Im wesentlichen besteht die Apparatur aus zwölf, oben von einer Glasscheibe, unten von einer rotierenden Aluminiumscheibe mit Uhrwerkantrieb verschlossenen, gleichgroßen Fächern (siehe Abb. 1). In der Aluminiumscheibe befindet sich ein keilförmiger Spalt mit Gazeboden zur Aufnahme der Puppen. Die aus letzteren hervorkommenden Imagines müssen stets unter der Glasscheibe an den senkrechten Wänden jenes Faches zu finden sein, welches die Spalte mit den Puppen im Augenblick des Schlüpfens durchlaufen hat. Die Umdrehungszeit beträgt,

der Anzahl der dicht gegeneinander abgeschlossenen Fächer entsprechend, 12 Stunden, so daß bei halbtägig vorgenommener Kontrolle durch Auszählen die Menge der geschlüpften Tiere sich für jede der vorangegangenen 12 Stunden genau ermitteln läßt. Bei geringster Inanspruchnahme des Versuchsanstellers ist somit im Freien, unter naturgerechten Helligkeits- und Witterungsbedingungen, ohne störende Manipulationen während der Kontrollen (z. B. nachts durch künstliche Beleuchtung) ein genaues, die wirklichen Verhältnisse widerspiegelndes Resultat zu erwarten.

Die Gesamtergebnisse von 1943 und 1944 über die tägliche Schlüpfzeit der Motten sind der Tabelle 1 und Abb. 2 zu entnehmen.

Tabelle 1

Schlüpfzeit in Tagesstunden

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Anzahl der geschlüpften Motten														
	—	—	—	1	1	2	7	10	14	9	6	6	2	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Anzahl der geschlüpften Motten (Insgesamt 112)														
	3	3	5	2	1	2	11	15	7	5	—			

Das Ausschlüpfen der Motten begann somit nach 3 Uhr morgens, verstärkte sich ab 6 Uhr, um nach einem deutlichen Höhepunkt zwischen 8 und 9 Uhr wieder schwächer zu werden. Abends nach 19 Uhr verließen die Imagines wieder zahlreicher die Puppenhüllen

und es ergab sich ein deutlicher Höhepunkt zwischen 20 und 21 Uhr. Zwischen 23 und 3 Uhr schlüpften keine Motten. Das Gesamtergebnis entspricht somit dem Ergebnis des Jahres 1943, bringt sogar noch deutlicher zwei Höhepunkte morgens und abends.

Die Annahme, daß die Motten des Springwurmwicklers stets oder mehr nachts schlüpfen, ist demnach widerlegt (9, 12). Das Gegenteil ist der Fall.

Wie 1943 stand die Schlüpfuhr zur Ausschaltung von Fehlerquellen durch Sonnenbestrahlung im Dauerschatten, unmittelbar neben derselben in gleichem Bodenabstand ein Thermohygrograph, so daß es

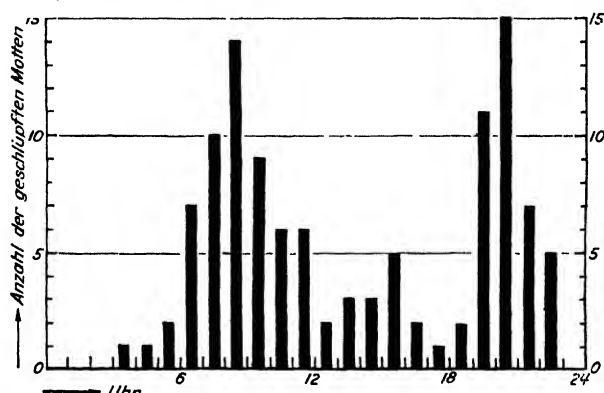


Abb. 2. Schlüpfstunden der Springwurmmotten

möglich war, nachträglich die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit während der Schlüpfzeiten zu ermitteln. Das Gesamtergebnis der beiden Jahre geben die Tabellen 2 und 3 wieder.

Tabelle 2

Temperaturgrade in C

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Anzahl der geschlüpften Motten	1	1	10	12	15	17	14	9	6	4	5	7	7	4	—	—

Die Motten schlüpften innerhalb eines Temperaturbereiches von $+14$ bis $+28^{\circ}\text{C}$. In 40 % der Fälle war der Schlüpfvorgang zwischen $+18$ und $+21^{\circ}\text{C}$; im Jahre 1943 allein hatten 41 % der Motten die Puppenhüllen zwischen $+18$ und $+21^{\circ}\text{C}$ (nicht $+20^{\circ}\text{C}$, s. [6] S. 63) verlassen.

Tabelle 3

Relative Luftfeuchtigkeit in %

	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Anzahl der geschlüpften Motten	—	2	5	4	17	13	17	15	14	13	12	—	—

Das Gesamtergebnis gleicht dem Ergebnis von 1943. 90 % der Motten schlüpften zwischen 60 und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit,

der Rest bei höheren (bis 100) und niedrigeren Prozentsätzen (bis 40 hinab).

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Ausschlüpfen der Springwurmwicklermotten zwischen 3 und 23 Uhr mit je einem deutlichen Höhepunkt morgens und abends zwischen 8 und 9 Uhr erfolgte. Es herrschten dabei nahörtliche Temperaturen von $+14$ bis $+28^{\circ}\text{C}$, vorwiegend von $+18$ bis $+21^{\circ}\text{C}$ und relative Luftfeuchtigkeiten zwischen 45 und 95%, besonders zwischen 60 und 95%.

II. Die Begattung

Die Fähigkeit der brünstigen Weibchen vieler Insekten, mit Hilfe eines Sexualduftstoffes die Männchen zur Begattung anzulocken, gab die Möglichkeit, ein Gerät zu entwickeln, mit dem die Anflugstunden kopulationslustiger Tiere ermittelt werden konnten.

Die Apparatur besteht aus einem Gestell mit einer rotierenden, auf der Oberseite leimbestrichenen Aluminiumscheibe (siehe Abb. 3 und 4). Von letzterer nicht überdeckt, befindet sich im Gestell ein Weibchenbehälter mit Gazeöffnung. Nach oben werden Scheibe und Weibchenbehälter von einem abnehmbaren Blechdeckel mit einem keilförmigen, verstellbaren Ausschnitt abgeschlossen. Die Wirkungsweise ist folgende: Die brünstigen Weibchen im Behälter scheiden Sexualduftstoff aus, der über die Aluminiumscheibe durch den Ausschnitt im Blechdeckel nach außen strömt und die Männchen anzieht. Bei dem Versuch, zu den Lockweibchen zu gelangen, bleiben die anfliegenden Tiere auf der leimbestrichenen Aluminiumscheibe kleben. Diese ist in 12 Sektoren eingeteilt und wird von einem Uhrwerk in 12 Stunden einmal um sich selbst gedreht. Die Anflugszahl läßt sich halbtägig für jede einzelne Stunde genau feststellen, vorausgesetzt daß die Einflugöffnung gleichgroß oder kleiner ist als einer der zwölf Kreissektoren auf der Aluminiumscheibe. Die Männchen können dann nur auf dem Sektor kleben, der sich im Augenblick des Anfluges unter der Spaltöffnung im Blechdeckel befunden hat.



Abb. 3. Begattungsuhr

Die Ergebnisse enthält Tabelle 4 und Abb. 5.

Tabelle 4
Anflugszeit in Tagesstunden

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anzahl der gefangenen Männchen	22	22	25	11	11	5	3	2	—	—	—	—	—
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Anzahl der gefangenen Männchen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	8	17	

Entsprechend dem Anflugergebnis begann die Begattungszeit beim Springwurmwickler nach 21 Uhr und endete vor 8 Uhr. Die meisten Männchen fingen sich zwischen 23 Uhr und 3 Uhr. Die Absonderung von Sexualduftstoff und die Bereitschaft zur Kopulation waren also

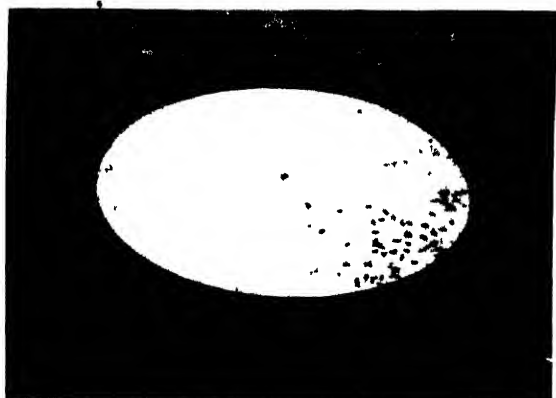


Abb. 4. Begattungsur geöffnet mit gefangenen Männchen

nachts am stärksten, gerade zu einer Zeit also, in der keine Springwurmotten schlüpfen.

Der dicht beim Beobachtungsgerät befindliche Thermohygrograph hatte während der Fangstunden folgende Temperaturen und relative Luftfeuchtigkeiten aufgezeichnet (siehe Tabellen 5 und 6):

Tabelle 5
Temperaturgrade in °C

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Anzahl der gefangenen Männchen	—	4	21	35	32	18	16	1	—	—

Tabelle 6
Relative Luftfeuchtigkeiten in %

	75	80	85	90	95	100
Anzahl der gefangenen Männchen	—	6	27	73	21	—

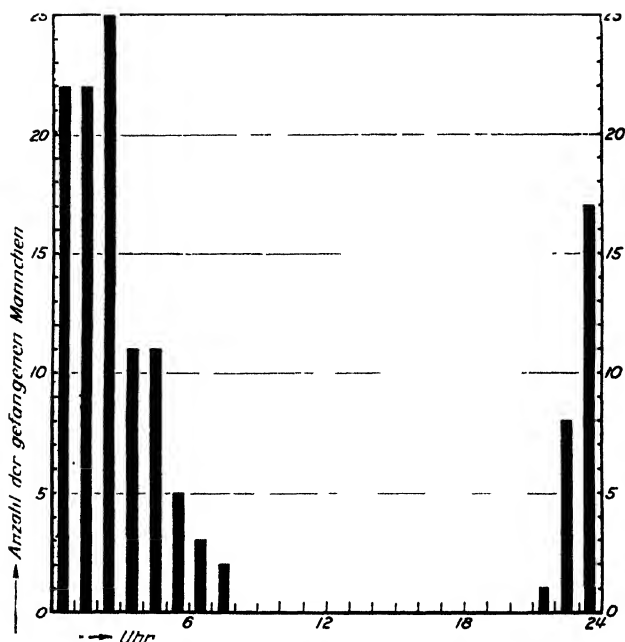


Abb. 5. Anflugstunden der Männchen zur Begattungsur

Im allgemeinen werden nachts die niedersten Tagestemperaturen, dagegen die höchsten relativen Luftfeuchtigkeiten gemessen. Da der Anflug der kopulationslustigen Männchen bzw. die Ausscheidung des Sexualduftstoffes von den Weibchen hauptsächlich nachts erfolgte, ergaben sich für die Fangstunden niedrigere Wärmegrade und höhere relative Luftfeuchtigkeiten als beim Ausschlüpfen, das vorwiegend morgens und abends, nie dagegen in der Nacht erfolgte. So waren Fangergebnisse bei Temperaturen zwischen $+14$ und $+21^{\circ}\text{C}$, besonders hohe zwischen $+16$ und $+18^{\circ}$ zu verzeichnen und relative Luftfeuchtigkeiten zwischen 80 und 100%, vorwiegend zwischen 90 und 95%.

Zusammenfassend läßt sich somit sagen, daß bei nicht verhütetem Zusammentreffen der Geschlechter Begattungen zwischen 21 und 8 Uhr mit einem Maximum von 23 bis 3 Uhr zustande gekommen wären, bei Temperaturen zwischen $+14$ und $+21^{\circ}\text{C}$ mit einer Spitze von $+16$ bis $+18^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 80 und 100% mit einem Maximum bei 90 bis 95%.

III. Die Eiablage

Die Weibchen der Springwurmwickler legen wie jene der Traubenwickler ihre Eier mit Vorliebe auf glatte Flächen. Man kann

daher die Weibchen zwingen, ihre Eier an ganz bestimmte Stellen abzulegen, die sich von ihrer Umgebung durch ihre für die Eiablage günstige Beschaffenheit, nämlich ihre Glätte, unterscheiden. Bei den unten beschriebenen sogenannten Eiablageuhren ist diese Erkenntnis ausgenützt.

Auf einem Gestell ruht eine runde, mit Fettstift in 12 gleichgroße Sektoren eingeteilte Glasscheibe (siehe Abb. 6). Über derselben rotiert wie ein Uhrzeiger in halbtägigem Turnus ein nach der Glasplatte zu offener Gazebehälter zur Aufnahme der trächtigen Weibchen. Nur die Glasscheibe steht diesen als geeignete Eiablagefläche zur Verfügung, so daß sie gezwungen sind, auf dieser ihre Gelege anzufertigen. Das unten mit einem weichen Wulst versehenen Gazehäuschen streift beim Weiterwandern über das festgekittete und mit einer rasch verhärtenden Substanz überzogene Eigelege weg, ohne es zu lösen oder zu beschädigen. Da bekannt ist, wann das Gazehäuschen mit den Weibchen über der Eiablagestelle war, läßt sich die Eiablagestunde leicht nach einem halben Tag noch ermitteln.

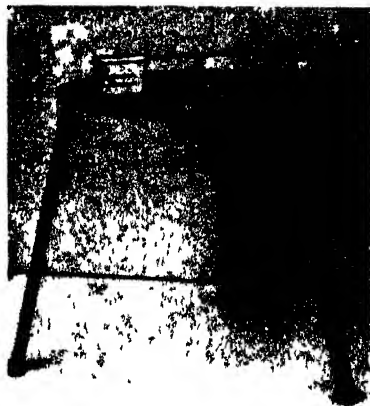


Abb 6. Eiablageuhr

Die Versuche 1943 hatten eine ganz geringe und verzettelte Eiablagetätigkeit der Springwurmwöibchen tagsüber ergeben. $\frac{1}{4}$ der Eier waren in der Zeit von 21 bis 4 Uhr abgelegt worden (siehe Tabelle 7 und Abb. 7). Das Maximum selbst lag zwischen 21 und 24 Uhr.

Tabelle 7
Eiablagezeit

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Anzahl der Eigelege 1943	4	3	1	1	—	—	—	2	1	—	1	2	1	
Insgesamt	7	6	5	6	1	2	—	2	1	—	1	2	1	

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Anzahl der Eigelege 1943	1	1	1	2	—	1	1	2	9	9	8	
Insgesamt	1	1	1	2	—	1	9	16	17	16	19	

Ein Vergleich des Gesamtresultates mit dem Ergebnis von 1943 zeigt, daß 1944 kein einziges Eigelege in der Zeit zwischen 6 und 19 Uhr angefertigt wurde. Ganz deutlich tritt jetzt die Haupteiablagezeit zwischen 20 und 24 Uhr in Erscheinung, denn 58 % (1943 allein 55 %) der Eigelege waren in dieser Zeit angefertigt worden. Die Hauptaktivität entfalteten somit die Motten bei der Eiablage abends und nachts.

Die Aufzeichnungen des Thermohygrographen ergaben folgende Temperaturen und relative Luftfeuchtigkeiten bei der Anfertigung der Gelege (siehe Tabellen 8 und 9):

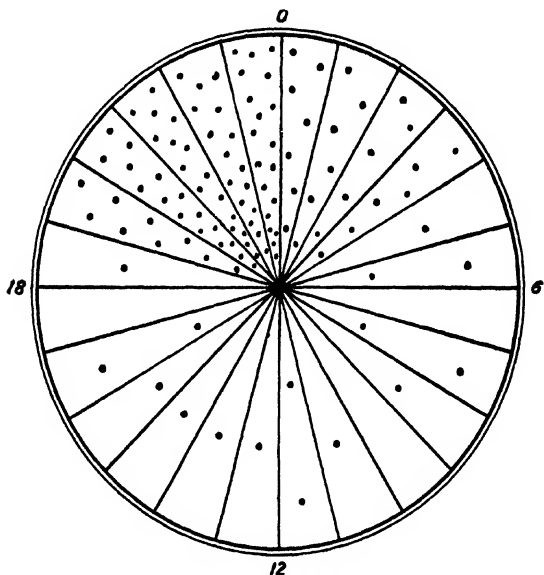


Abb. 7. Eiablagstunden der Weibchen

Tabelle 8
Temperaturgrade in C

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Anzahl der Eigelege	—	1	5	4	12	13	14	5	6	3	5	2	1	2	2	—	—

Leider konnten infolge eines nicht gleich bemerkten Defektes am Temperaturschreiber nicht für alle Gelege die bei ihrer Herstellung herrschenden Wärmegrade ermittelt werden.

Tabelle 9
Rel. Luftfeuchtigkeiten in %

	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Anzahl der Eigelege	—	3	3	8	9	15	18	21	25	11	—	—

Die Eiablage erfolgte in einem Temperaturbereich von $+14$ bis $+28^{\circ}\text{C}$. Besonders frequentiert waren die Wärmegrade zwischen $+17$ und $+20^{\circ}\text{C}$. Im Jahre 1943 allein hatte sich bei gleicher Temperaturbreite eine Spitze zwischen $+18$ und $+19^{\circ}\text{C}$ ergeben.

Während der Eiablagestunden wurden relative Luftfeuchtigkeiten zwischen 50 % und 90 % gemessen, besonders häufig solche von 70 % bis 90 %.

Faßt man die erzielten Ergebnisse kurz zusammen, so kann man sagen, daß die Weibchen

des Springwurmwicklers ihre Eier nur selten tagsüber ablegten, in der Regel erst nach 19 Uhr bis morgens 4 Uhr, wobei die Haupteiablagezeit von 20 Uhr bis Mitternacht dauerte. Es wurden dabei Temperaturen zwischen $+14$ und $+20^{\circ}\text{C}$, vor allem zwischen $+17$ und $+20^{\circ}\text{C}$ gemessen, sowie relative Luftfeuchtigkeiten zwischen 50% und 90%, besonders zwischen 70% und 95%.

IV. Besprechung der Versuchsergebnisse

Mit Hilfe der Beobachtungsuhrn konnte in den Jahren 1943 und 1944 festgestellt werden, zu welcher Tageszeit und unter welchen Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitsverhältnissen die Motten des Springwurmwicklers im Freien ausschlüpfen, sich begatteten und Eier ablegten. Bei einer vergleichweisen Betrachtung der Resultate, wie dies die Abb. 8 ermöglicht, ist zu erkennen, daß das Ausschlüpfen, die Begattung und die Eiablage zu bestimmten Tageszeiten gehäuft vor sich ging. Das Interessante dabei ist, daß analog den Verhältnissen bei den Traubenwicklern die Hauptaktivitätsstunden für die drei untersuchten Vorgänge sich nicht decken. Waren beim Ausschlüpfen zwei Höhepunkte, morgens und abends, zu verzeichnen, bei

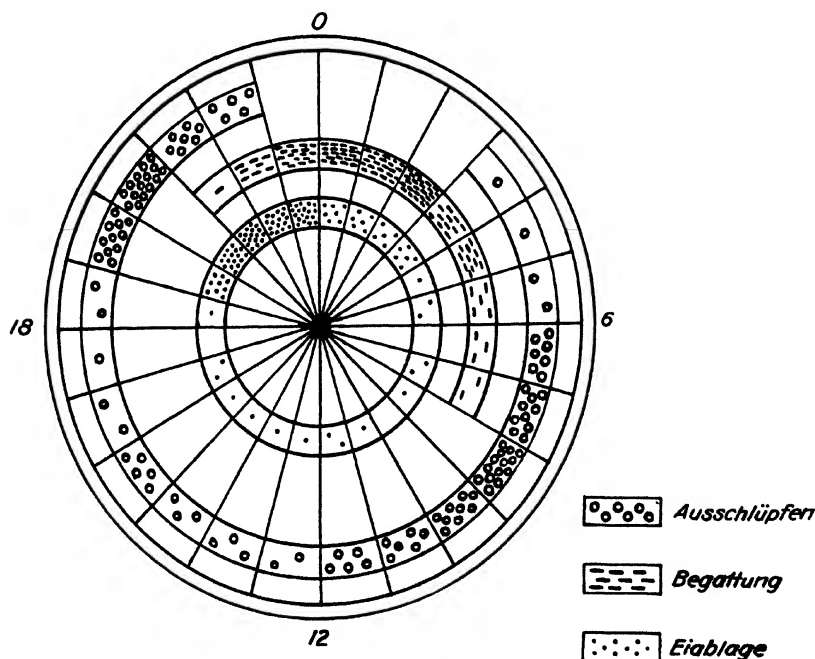


Abb. 8. Tagesstunden und Aktivität des Springwurmwicklers beim Ausschlüpfen der Imagines, bei der Begattung und der Eiablage. (Jeder Kreis, Strich oder Punkt bedeutet eine geschlüpfte Motte, ein gefangenes Männchen oder ein angefertigtes Eiablage)

völliger Ruhe während der Nachtstunden und nur geringen Vorgängen während der Mittags- und Nachmittagsstunden, so spielte sich die Begattung hauptsächlich in den Stunden ab, in denen keine Motten schlüpfen, nämlich in der Zeit von 23 bis 3 Uhr. Wurde der Höhepunkt des Anfluges kopulationslustiger Männchen zum Beobachtungsgesamt erst nach Mitternacht erreicht, so erfolgte dagegen die Ablage der meisten Eier zwischen 20 und 24 Uhr, also vor Mitternacht. Zieht

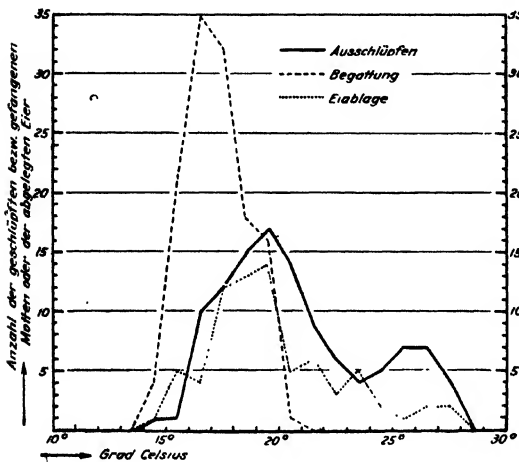


Abb. 9. Temperaturen und Häufigkeit der Vorgänge beim Ausschlüpfen der Imagines, bei der Begattung und der Eiablage

stehender Thermohygrographen konnten die nächtlichen Wärmegrade und relativen Luftfeuchtigkeiten bei den einzelnen Vorgängen genau ermittelt werden. Es ergaben sich dabei folgende Temperaturbreiten (siehe auch Abb. 9):

Von $+14^{\circ}\text{C}$ bis $+28^{\circ}\text{C}$ beim Ausschlüpfen,

„ $+14^{\circ}\text{C}$ „ $+21^{\circ}\text{C}$ bei der Begattung,

„ $+14^{\circ}\text{C}$ „ $+28^{\circ}\text{C}$ bei der Eiablage.

Relative Luftfeuchtigkeiten wurden gemessen

zwischen 45 und 95 % beim Ausschlüpfen,

„ 80 „ 100 % bei der Begattung,

„ 50 „ 95 % bei der Eiablage.

Der Aktivitätsbereich erstreckte sich demnach von $+14^{\circ}\text{C}$ bis $+28^{\circ}\text{C}$, sowie von 45–100 % relativer Luftfeuchtigkeit.

Besonders häufig fielen die Vorgänge in Stunden mit folgenden Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitswerten:

Ausschlüpfen: $+18^{\circ}\text{C}$ bis $+21^{\circ}\text{C}$ und 60–95 %

Begattung: $+15^{\circ}\text{C}$ bis $+20^{\circ}\text{C}$ und 90–95 %

Eiablage: $+17^{\circ}\text{C}$ bis $+20^{\circ}\text{C}$ und 70–95 %

relative
Luft-
feuchtigkeit

man das Ausschlüpfen nicht in Betracht, so können die Motten des Springwurmwicklers als Insekten bezeichnet werden, deren Aktivität abends beginnt, nachts anhält bzw. sich verstärkt und morgens im wesentlichen endigt.

Ob die Motten zu den ermittelten Tageszeiten ausschlüpfen, sich begatten oder Eier ablegen, bestimmen letzten Endes die Witterungsverhältnisse. Mit Hilfe dicht neben den Beobachtungsapparaten

Diesen sogenannten Optimaltemperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten, die im Freilandexperiment ermittelt wurden, lege ich keine allzu große Bedeutung bei. Daß diese Temperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten häufiger gemessen wurden, liegt wohl einfach daran, daß sie eben in den frequentierten Schlüpf-, Begattungs- und Eiablagestunden gerade herrschten. In anderen Gegenden und Lagen würden sich wahrscheinlich ganz andere optimale Wärmegrade und relative Luftfeuchtigkeiten ergeben haben. Es würden sich aber sicherlich auch in der gleichen Lage Unterschiede ergeben, je nachdem die Untersuchungen in einem kühleren oder heißeren Sommer zur Durchführung gelangt wären.

Es ist weiterhin auch unwahrscheinlich, daß die Motten bei der Eiablage einen anderen Temperaturbereich wählen wie bei der Begattung, mit anderen Worten, daß sie für die Begattung andere Wärmegrade verlangen oder vorziehen wie für die Eiablage. Daß der festgestellte Temperaturbereich bei der Begattung kleiner ist, liegt einfach daran, daß in der Hauptbegattungszeit nach Mitternacht eben andere, niedrigere Temperaturen herrschten als in der vormitternächtlichen Haupteiablagezeit.

Wichtig sind die Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitsgrenzen, jenseits deren die Motten des Springwurmwicklers inaktiv werden und keinesfalls ausschlüpfen, kopulieren oder Eier ablegen. Diese Werte zu ermitteln, ist für die Praxis in erster Linie von Bedeutung. Sie müssen allgemein feststehend sein, wenn es nicht zur Bildung physiologischer Rassen gekommen ist, die sich hinsichtlich ihrer Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitsansprüche unterscheiden. Nach meinen Feststellungen liegen diese Grenzen bei $+14^{\circ}\text{C}$ und $+28^{\circ}\text{C}$ und bei 45% und 100% relativer Feuchte.

Lange Zeit hat man insbesondere den Temperaturen im Augenblick des Schlüpfprozesses, des Begattungs- und Eiablageaktes große Bedeutung für die Epidemiologie beigemessen, ja sie z. B. bei den Traubenwicklern ausschließlich bestimmend und geradezu verantwortlich für den Massenwechsel gemacht. So vertrat STELLWAAG (10) die Ansicht, daß auch in einem kühlen Jahr einige warme Stunden in der Dämmerung während des Fluges für eine Massenvermehrung genügen und umgekehrt es in einem warmen Jahre während der Flugzeit abends so kühl sein kann, daß die Flüge ins Pessimum fallen.

Die Temperatur während der Eiablagestunden, die beim Traubenwickler nach neueren Beobachtungen keineswegs auf die Zeit der Dämmerung beschränkt sind, würde demnach die Menge der Eier bestimmen und so über das Zustandekommen einer Kalamität entscheiden. Auf Grund meiner Untersuchungen bei den Traubenwicklern bin ich zu dem Schluß gekommen, daß dies nicht der Fall ist und die Temperatur während der Eiablagezeit keine ausschlaggebende

Bedeutung hat. Ich habe meinen Standpunkt bereits 1943 in einer Arbeit (5, S. 150) klargelegt. Sind reife Eier vorhanden, so werden sie auch abgelegt, wenn nur die untere Temperaturgrenze nicht unter-, die obere nicht überschritten wird, und es ist kein Grund und auch kein Beweis dafür vorhanden, daß die Mottenweibchen innerhalb der Temperaturgrenzen bei manchen Wärmegraden nur einen Teil, bei anderen alle ablagefertigen Eier absetzen. Auch in wärmeren, „optimalen“

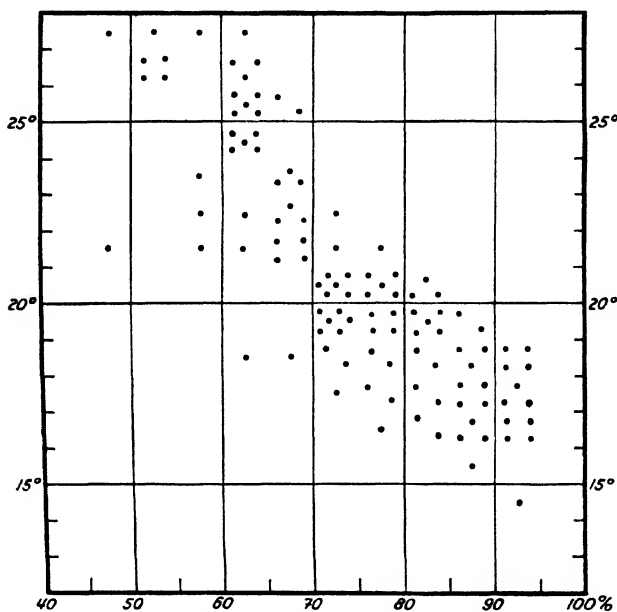


Abb. 10. Anzahl der geschlüpften Motten bei verschiedenen Temperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten. (Jeder Punkt bedeutet ein geschlüpftes Individuum bei der betreffenden Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitskombination)

Stunden kann es zu keiner stärkeren Eiablage kommen, wenn (vielleicht infolge einer vorangegangenen Kaltwetterperiode oder einer bereits vorher erfolgten Massenablage unter möglicherweise weniger „optimalen“ Verhältnissen) keine ablagereifen Eier vorhanden sind. Auch STELLWAAG hat sich in seiner inzwischen erschienenen Arbeit „Kritische Untersuchungen zur Analyse des Massenwechsels der Insekten“ (II) meiner Ansicht, daß keine Beziehung zwischen der Eizahl und den während der Eiablagestunden herrschenden Temperaturen bestehen, angeschlossen auf Grund von Untersuchungen, die Dr. BAKOWSKI und ich unabhängig voneinander und auf verschiedene Weise durchführten. Er vertritt nunmehr wie ich den Standpunkt, daß die Eiablage von der länger einwirkenden Eireifetemperatur und nicht von den Klimaelementen während des Austrittes des Eies aus dem Körper abhängig ist.

In der Abb. 10 habe ich zeichnerisch darzustellen versucht, bei welchen Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitskombinationen die Springwurmwicklermotten ausschlüpften. Hüllkurven, wie sie bei Resultaten von Laborversuchen möglich und üblich sind, lassen sich nicht ziehen, höchstens eine obere und untere Grenzkurve. Es erscheint zumindestens zweifelhaft, ob die Zeichnung den Schluß erlaubt, daß bestimmte Temperatur- und relative Luftfeuchtigkeitskombinationen von den Motten beim Schlüpfen vorgezogen werden. Wahrscheinlich demonstriert die Abbildung nur die bekannte Tatsache, daß normalerweise niedere Temperaturen mit hohen relativen Luftfeuchtigkeiten und umgekehrt hohe Wärmegrade mit niederen Luftfeuchtigkeitsprozentsätzen gepaart sind. Die Zeichnung würde dann nur widerspiegeln, welche relativen Luftfeuchtigkeiten mit den bei den Schlüpfprozessen herrschenden Wärmegraden verbunden waren, und würde so mehr für den Meteorologen als den Biologen von Wert sein.

Eine Frage bleibt noch offen, nämlich ob z. B. der gewöhnlich in den Nachtstunden vorgenommene Begattungsakt auch zu einer anderen Tageszeit durchgeführt wird, wenn nur zu dieser die ermittelte untere Temperaturgrenze überschritten wird, und ob analog die übliche Tageszeit bei der Eiablage nicht mehr eingehalten wird, wenn abends und nachts unerschwellige, tagsüber aber überschwellige Wärmegrade herrschen. Durch Verlegung der Versuchszeit in die kältere Jahreszeit wird sich auch diese Frage noch beantworten lassen.

Zusammenfassung

1. 1943 mit besonderen Beobachtungsapparaten, sogenannten Schlüpf-, Begattungs- und Eiablageuhren begonnene Freilandversuche über Ausschlüpfen, Begattung und Eiablage des Springwurmwicklers *Sparganothis pilleriana* Schiff., wurden im Jahre 1944 weitergeführt. Die Ergebnisse beider Jahre zusammengefaßt zeigen deutlich die Abhängigkeit der Individuen von Tageszeit und Witterung bei der Ausübung der verschiedenen Funktionen.

2. Die Motten des Springwurmwicklers schlüpften vorwiegend morgens und abends mit Höhepunkten zwischen 8 und 9 Uhr bzw. 20 und 21 Uhr, in geringerem Maße tagsüber, nie aber nachts zwischen 23 und 3 Uhr. Während des Schlüpfens wurden Temperaturen von $+14$ bis $+28^{\circ}\text{C}$, besonders zwischen $+18$ und $+21^{\circ}\text{C}$ gemessen, sowie relative Luftfeuchtigkeiten von 45—95 %, meist zwischen 60 und 95 %.

3. Die Begattung erfolgte zwischen 21 und 8 Uhr, vorwiegend zwischen 23 und 3 Uhr, also gerade während der Ruhezeit bezüglich des Ausschlüpfens, bei Temperaturen zwischen $+14$ und $+21^{\circ}\text{C}$, mit dem Höhepunkt zwischen $+16$ und $+18^{\circ}\text{C}$, und relativen Luftfeuchtigkeiten von 80—100 %.

4. Die Eiablage fand hauptsächlich abends von 19 Uhr bis morgens 4 Uhr, am stärksten von 21 Uhr bis Mitternacht, tagsüber nur vereinzelt,

und verzettelt statt, bei Wärmegraden von $+14$ bis $+28^{\circ}\text{C}$, besonders zwischen $+17$ und $+22^{\circ}\text{C}$, und relativen Luftfeuchtigkeiten von 50 bis 95, vor allem zwischen 60 und 90 %.

5. Es ist somit die auffallende Tatsache zu verzeichnen, daß die verschiedenen Funktionen ihre eigenen tageszeitlichen Rhythmen haben, und die Höhepunkte der untersuchten Tätigkeiten sich nicht decken. Bei alleiniger Berücksichtigung der Begattung und der Eiablage können die Motten des Springwurmwicklers als vorwiegend nächtliche Tiere definiert werden, deren Aktivitätsbereich innerhalb von $+14$ und $+28^{\circ}\text{C}$, sowie 45 und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit liegt.

6. Den ermittelten, optimalen Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitswerten wird kein allzugroßer Wert beigelegt. Wichtiger als die Temperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten im Augenblick des Geschehens erscheinen jene während des Reifungsprozesses.

7. Die Frage, ob sich bei veränderten Witterungsverhältnissen auch die zur Ausübung der einzelnen Funktionen bevorzugten Tageszeiten verschieben können, muß weiteren Versuchen vorbehalten bleiben.

Schrifttum

1. BREMER, H., Über die tageszeitliche Konstanz im Schlüpftermin der Imagines einiger Insekten. Zeitschrift für wiss. Insektenbiologie **21**, 209—216, 1926.
2. GÖTZ, BR., Der Sexualduftstoff als Bekämpfungsmittel gegen die Traubenwickler im Freiland. Wein und Rebe **23**, 75—89, 1941.
3. — — Beiträge zur Analyse des Mottenfluges bei den Traubenwicklern *Clysia ambiguella* und *Polychrosis botrana*. Wein und Rebe **23**, 207—228, 1941.
4. — — Neue Apparate zum Studium der Insektenphysiologie. Die Umschau in Wissenschaft und Technik **49**, 779—781, 1941.
5. — — Freiland- und Laboratoriumsuntersuchungen über Ausschlüpfen, Eiablage und Nahrungsaufnahme bei den Traubenwicklern *Clysia ambiguella* und *Polychrosis botrana*. Wein und Rebe **25**, 135—153, 1943.
6. — — Freilanduntersuchungen über Ausschlüpfen, Begattung und Eiablage beim Springwurmwickler (*Sparganothis pilleriana* Schiff.). Anz. f. Schädlingskunde **19**, 61—70, 1943.
7. — — Tageszeit und Insektenaktivität. Naturwissenschaftliche Rundschau **2**, 257—261, 1949.
8. JANCKE, O., Der Springwurm. Flugblatt Nr. 178 der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 1941.
9. STELLWAAG, FR., Die Weinbauinsekten der Kulturländer. Berlin 1928.
10. — — Der Massenwechsel des bekreuzten Traubenwicklers *Polychrosis botrana* im Weinbau. Ztschr. f. angew. Entomologie **25**, 57—80, 1938.
11. — — Kritische Untersuchungen zur Analyse des Massenwechsels der Insekten. Ztschr. f. angew. Entomologie **30**, 501—525, 1944.
12. VOUKASSOVITCH, P., Contribution à l'étude de l'Eudémis (*Polychrosis botrana* Schiff.), de la Pyrale de la Vigne (*Oenophthira pilleriana* Schiff.) et de leurs parasites. Toulouse 1924.

Aus dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Bestimmung von Insektenfraßschäden an Nadelholz

Von

GÜNTHER BECKER

Mit 30 Abbildungen

Inhalt:

I. Aufgabe und Durchführung. — II. Die berücksichtigten Insektenarten und ihre Schädlichkeit. — III. Die kennzeichnenden Fraßspuren und ihre Beschaffenheit bei den einzelnen Arten. 1. Form und Größe der Fluglöcher. 2. Lage der Fraßgänge und Puppenwiegen. 3. Form, Verlauf und Umfang der Fraßgänge. 4. Querschnitt, Größe, Färbung und Füllung der Fraßgänge. 5. Form, Farbe und Größe der Kotteilchen. 6. Form und Anteil der Nagespäne; Art der Ablagerung. 7. Alter und Beschaffenheit des befallenen Holzes. — IV. Kurze Beschreibung des Fraßbildes der wichtigsten Arten. 1. Hausbockkäfer. 2. Anobien (*Anobium punctatum* De Geer). — V. Zusammenfassung. — VI. Schrifttum.

I. Aufgabe und Durchführung

Die Feststellung, von welcher Insektenart Holzschäden verursacht sind, ist oft von wirtschaftlicher Bedeutung für diesen Roh- und Werkstoff, sei es, daß die Verwendbarkeit befallenen Holzes — z. B. bei der Abnahme von Stämmen, Masten oder Brettware — in Frage gestellt oder eine Artbestimmung zur Entscheidung über Bekämpfungsmaßnahmen unentbehrlich ist, oder aber daß es sich um Beurteilung rechtlicher Ansprüche handelt.

Neben einer Reihe von eindeutigen, einfach zu klärenden Fällen gibt es nicht selten andere, bei denen die Bestimmung der Schädlingsart auch für den Kundigen nur mit gewissen Schwierigkeiten möglich ist, insbesondere dann, wenn keinerlei Insektenkörperreste auffindbar sind. Verschiedene Fraßbilder gefährlicher und harmloser Insekten sehen sich sehr ähnlich, und auch größere und kleinere Arten können verwechselt werden, wenn bei den ersteren ein noch junger Befall vorliegt. Trotz zahlreicher Angaben des Schrifttums, die sich vorwiegend auf das „Fraßbild“ im Großen beziehen, fehlt es für eine Erkennung bisher doch vielfach an eindeutigen Bestimmungsmerkmalen für Insekten mit ähnlichem Fraßbild. Die gute Formenkenntnis vieler erfahrener Insekten- und Holzfachleute ist meist das Ergebnis langjähriger eigener Beobachtung und Erfahrung und anderen kaum zugänglich.

Die folgende Bearbeitung¹⁾ soll daher die Aufgabe einer Fraßbildbestimmung etwas erleichtern helfen²⁾. Dabei ist von den Schädlingen selbst (Eiern, Larven, Puppen, Imagines oder Teilen ihres Körpers) ganz abgesehen und hier zunächst ausschließlich Nadelholz berücksichtigt worden.

Die meisten wirklich nennenswerten Holzschäden durch Tiere werden unter einheimischen Verhältnissen — wenn man von dem im Meerwasser verbauten Holz absieht — von Käfern verursacht. Daneben haben Holzwespen eine wirtschaftliche Bedeutung. Die eigentlichen Schädlinge sind dabei ganz überwiegend die Larven dieser Insekten. Die von den Imagines angerichteten Beschädigungen sind im Verhältnis zu den Zerstörungen durch die Larven in der Regel ohne ernstliche Bedeutung, für die Artbestimmung jedoch im allgemeinen wichtig und daher hier zu berücksichtigen.

Als Bestimmungsmerkmale sind die folgenden Fraßspuren der Tiere geeignet: 1. Form und Größe der Fluglöcher an der Holzoberfläche, 2. Allgemeine Lage der Fraßgänge und der Puppenwiegen im Stamm, 3. Form, Verlauf und Umfang der Fraßgänge im einzelnen, 4. Querschnitt, Größe, Färbung und Füllung der Fraßgänge, 5. Form, Farbe und Größe der Kottelchen, 6. Form und Anteil der ungefressenen Nage-späne und die Art der Ablagerung des „Bohrmehls“, 7. Alter und Beschaffenheit des befallenen Holzes.

Jede dieser Merkmalsgruppen ist im folgenden, für sich getrennt, vergleichsweise für alle berücksichtigten Arten behandelt. Dabei können wesentliche Unterscheidungsmöglichkeiten deutlicher (und kürzer) gekennzeichnet werden als bei zusammenhängender Beschreibung des Gesamtfraßbildes der einzelnen Arten. Für die wichtigsten Schädlinge sind am Schluß noch einmal die Hauptmerkmale zusammengestellt, die sie von ähnlichen weniger schädlichen Tieren unterscheiden lassen.

II. Die berücksichtigten Insektenarten und ihre Schädlichkeit

Nur die im allgemeinen in Mitteleuropa wirtschaftlich in Betracht kommenden Holzschädlinge sind berücksichtigt, zahlreiche seltenere oder technisch unbedeutende Insekten, insbesondere rinden- und bast-schicht-fressende, fortgelassen worden. Einzelne technisch unwichtige Arten wurden jedoch vergleichsweise einbezogen, weil sie oft Anlaß zu Verwechslungen mit schädlicheren geben.

¹⁾ Unter anderen auch von der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung angeregt.

²⁾ Nachdem die eigene Fraßstücksammlung der Abteilung 1943 leider zum großen Teil vernichtet war, wurde die vorliegende Zusammenstellung wesentlich durch die Benutzung der Sammlungen des Deutschen Entomologischen Instituts, des Instituts für Forstentomologie und Forstschutz der Landwirtschaftlichen Hochschule Wien und des Zoologischen Instituts der Forstlichen Hochschule Eberswalde ermöglicht. Herrn Prof. Dr. H. SACHTLEBEN, Herrn Prof. Dr. E. SCHIMITSCHEK und Herrn Prof. Dr. F. SCHWERTFEGGER möchte ich auch an dieser Stelle für ihr freundliches Entgegenkommen danken.

Da die Angaben im Schritttum über Art und Umfang der Schäden nicht immer zutreffen, erscheint die Zusammenstellung in Tabelle 1 nicht überflüssig.

Die Insektenfamilien und -arten sind in der folgenden Tabelle ungefähr entsprechend ihrer wirtschaftlichen Bedeutung angeordnet (zunächst die Käfer, dann die Hautflügler, zum Schluß andere Gruppen); nah verwandte schädliche und unwichtigere Arten sowie Tiere mit ähnlicher Lebensweise und ähnlichem Fraßbild wurden zusammengestellt.

Tabelle 1

Namen und Schädlichkeit der berücksichtigten Insektenarten an Nadelholz

Name	Schädlichkeit der Art
<i>Hylotrupes bajulus</i> L. Hausbock	Gefährlichster, weitverbreiteter Nadelholzschädling; zerstört den Splint verarbeiteten, auch trockenen Holzes, insbesondere auf Dachböden.
<i>Callidium violaceum</i> L. Blauer Scheibenbock	Beschädigt und entwertet Splintholz durch Fraßgänge und Puppenwiegen. Technisch von Bedeutung. Verbreitet.
<i>Callidium arneum</i> De Geer Erzfarbener Scheibenbock	Beschädigt und entwertet Splintholz durch Puppenwiegen und bisweilen durch Fraßgänge. Seltener als <i>C. violaceum</i> .
<i>Phymatodes testaceus</i> L. Veränderlicher Scheibenbock	Beschädigt und entwertet Splintholz durch Puppenwiegen und bisweilen durch Fraßgänge, weitverbreitet.
<i>Criocephalus rusticus</i> L. <i>Criocephalus polonicus</i> M. Grubenhalsbock, Halsgrubenbock (Feldbock)	Große Fraßgänge in Splint- und Kernholz entwerten dieses. Neubefall auf saftfrisches Holz beschränkt; nur 1 Generation in trockenem Holz.
<i>Asemum striatum</i> L. Düsterbock (Strunkbock)	Fraßgänge im Splint frischer Hölzer entwerten diesen. Neubefall auf saftfrisches Holz beschränkt; nur 1 Generation in trockenem Holz.
<i>Ergates faber</i> L. Mulmbock	Zerstört hinreichend feuchtes verbautes Holz, z. B. in der Erdluftzone, völlig. In Holz beliebigen Alters.
<i>Leptura rubra</i> L. Rothalsbock	Wie <i>Ergates</i> , aber weniger schädlich, da kleinere Fraßgänge.
<i>Spondylis buprestoides</i> L. Waldbock	Ähnlich wie <i>Ergates</i> und <i>Leptura</i> , aber technisch selten schädlich. Bevorzugt von Pilzen zerstörtes Holz.
<i>Monochamus sutor</i> L. Schusterbock	Befällt nur frischgeschlagenes oder kränkeldes Holz. Fraßgänge auch im Splint, entwerten diesen. Fichte und Tanne.
<i>Monochamus sartor</i> F. Schneiderbock	Befällt nur frischgeschlagenes oder kränkeldes Holz. Fraßgänge auch im Splint, entwerten diesen. Fichte und Tanne.
<i>Monochamus galloprovincialis</i> Ol. Kiefernbock	Befällt nur frisches oder kränkeldes Holz. Fraßgänge im Splint und Kernholz. Auf Kiefernholz beschränkt. Schädlich.

Noch Tabelle 1

Name	Schädlichkeit der Art
<i>Tetropium luridum</i> L. <i>Tetropium fuscum</i> Gyll. Fichtenbock	Puppenwiegen im Splintholz entwerten dieses. Durch Befall lebender Bäume forstlich sehr schädlich.
<i>Tetropium Gabrieli</i> Wse. Lärchenbock	Puppenwiegen im Splintholz entwerten dieses. Durch Befall lebender Bäume forstlich sehr schädlich. (Etwas größere Gänge.) Auf Lärche beschränkt.
<i>Rhagium bifasciatum</i> L. Zweigebänderter Zangenbock	Puppenwiegen und zum Teil auch Fraßgänge im Splint entwerten diesen. Technisch seltener schädlich.
<i>Caenoptera minor</i> L. Fliegenbock	Puppenwiegen im Splintholz dünnerer Hölzer. Technisch selten schädlich.
<i>Acanthocinus aedilis</i> L. Zimmermannsbock	Larve frißt in Rinden- und Bastschicht; Puppenwiegen selten, zum Teil auch im Splintholz. Technisch ohne Bedeutung.
<i>Harpium inquisitor</i> L. Zangenbock	Larve frißt in Rinden- und Bastschicht. Verpuppung ebenfalls in der Rindenschicht. Technisch ganz ohne Bedeutung.
<i>Clytus lama</i> Muls. Zierbock	Wie <i>Monochamus sutor</i> und <i>M. sartor</i> , aber kleinere Fraßgänge.
<i>Anobium punctatum</i> De Geer „Gemeiner Klopff- oder Pochkäfer (Nagekäfer), „Totenuhr““	Gefährlicher Schädling verarbeiteten, auch werkgetrockneten Holzes (Splint); weitverbreitet und sehr schädlich.
Andere <i>Anobium</i> -Arten Andere Klopff-, Poch- oder Nagekäfer („Totenuhren“)	Entsprechend; aber weniger verbreitet.
<i>Ptilinus pectinicornis</i> L. Gekämmter Klopff- oder Pochkäfer	Gelegentlich auch in Nadelholz, ähnlich schädlich wie <i>A. punctatum</i> .
<i>Xestobium rufovillosum</i> De Geer Bunter Klopff-, Poch-, Nagekäfer	In feuchterem Holz (Splint); auch in Nadelholz schädlich. Pilzbefallenes Holz bevorzugt.
<i>Dendrobium pertinax</i> L. „Trotzkopf“	In feuchterem, pilzbefallenem Nadelholz.
<i>Ernobius mollis</i> L. Weicher Klopff-, Poch-, Nagekäfer	In der Rinde von Nadelhölzern; nur äußerste Holzschiicht wird benagt. Technisch (wenn nicht in Furnieren verarbeitet) ohne Bedeutung.
<i>Tripopithys carpini</i> Hbst.	In der Rinden- und Bastschicht von Zweigen sowie im Splint verarbeiteter Hölzer.
<i>Cossonus</i> -, <i>Rhyncolus</i> -, <i>Pselac-tis</i> -, <i>Codiosoma</i> -, <i>Eremotes</i> -Arten Holzzerstörende Rüsselkäferarten	In feuchtem, vorzugsweise in pilzbefallenem Splintholz.
<i>Xyloterus lineatus</i> Ol. Gemeiner Nutzholz-Borkenkäfer	In frischgefälltem, saftfrischem Nadelholz (Splint). Nadelschnittholz wird entwertet.

Noch Tabelle 1

Name	Schädlichkeit der Art
<i>Hylecoetus dermestoides</i> L. (<i>H. flabellicornis</i> Schn.) Schiffswerftkäfer	In saftfrischem Holz. Entwertung durch lange, gefärbte Fraßgänge.
<i>Serropalpus barbatus</i> Schall. Schwarzkäfer	In frischem oder in pilzbefallenem Holz. Für Bauholz im allgemeinen ohne technische Bedeutung.
<i>Calopus serraticornis</i> L. Scheinbock	Wie <i>Serropalpus</i> , seltener.
<i>Nacerda melanura</i> L.	Verursacht in regelmäßig durchfeuchtetem (nassem) Holz größere Zerstörungen.
<i>Chalcophora Mariana</i> L. Großer Prachtkäfer	In Splint- und Kernholz, meist nur in Stümpfen. Technisch ohne Bedeutung.
<i>Chrysobothris</i> -, <i>Phaenops</i> -, <i>Anthaxia</i> - u. a. Arten Prachtkäfer-Arten	Fraß in der Rinden- und Bastsschicht; Puppenwiegen im Holz. Technisch meist ohne Bedeutung.
<i>Sirex gigas</i> L. Riesenholzwespe	Große Gänge in saftfrischen oder kränkelnden Stämmen. Kein Neubefall alten Holzes. Holz für gewisse Zwecke entwertet.
<i>Xeris spectrum</i> L. Tannenholzwespe	Wie <i>Sirex gigas</i> , aber kleinere Fraßgänge.
<i>Paururus juvenicus</i> L. Kiefernholzwespe	Wie <i>Sirex gigas</i> , aber kleinere Fraßgänge.
<i>Paururus noctilio</i> F. Kiefernholzwespe	Wie <i>P. juvenicus</i> .
<i>Camponotus ligniperda</i> Latr. Roßameise	Ausgedehnte Holzzerstörungen im Innern von Stämmen und Balken. Nur stellenweise häufiger.
<i>Camponotus herculeanus</i> L. Riesenameise	
<i>Lasius</i> -Arten Rasenameise	Kleinere Arten. Beschädigungen auch an verbautem Holz, meist ohne technische Bedeutung.
<i>Xylocopa</i> -Arten Holzbienen	Brutgänge im Innern von pilzbefallenem oder anderem wertloseren Holz; in Europa ohne technische Bedeutung.
<i>Dermestes</i> -Arten Speckkäfer-Arten	
<i>Niptus hololeucus</i> Fald. Messingkäfer	Puppenwiegen im Holz. Technisch meist ohne Bedeutung.
<i>Ptinus</i> -Arten Diebskäfer-Arten	
<i>Tinea granella</i> L. Kornmotte	
<i>Tinea cloacella</i> Haw. Schleusenmotte	Puppenwiegen in weichem Holz.

III. Die kennzeichnenden Fraßspuren und ihre Beschaffenheit bei den einzelnen Arten

1. Form und Größe der Fluglöcher

Die Fluglöcher sind bei manchen Arten die einzigen äußerlich sichtbaren Anzeichen eines Insektenbefalls im Innern des Holzes. Sie ermöglichen in manchen Fällen bereits allein die Artbestimmung des Schädlings; stets aber sind sie dabei eine wichtige, von außen zuerst erkennbare Hilfe.

Der Form nach kann man die Fluglöcher (Abb. 1) in zwei große Gruppen teilen: Runde und eiförmige. (Ganz genau kreisrund oder elliptisch sind dabei die wenigsten.) Eiförmige oder annähernd eiförmige Fluglöcher erzeugen: *Hylotrupes bajulus*, die *Callidium*-, *Phymatodes*- und *Tetropium*-Arten, *Criocephalus rusticus*, *Asemum striatum*, *Ergates faber*, *Acanthocinus aedilis*, sowie nur im Holz *Caenoptera minor*, *Clytus*-Arten und die Buprestiden. Alle übrigen genannten Arten haben runde (oder annähernd runde) Fluglöcher. In der (allerdings später oft fehlenden) Rinde hat auch *Caenoptera* kreisförmige Flugöffnungen.

Bei den Fluglöchern der Prachtkäfer entsteht die Eiform aus einem wenig und einem stärker gekrümmten Kreisbogen, die in verhältnismäßig spitzem Winkel aneinanderstoßen (s. z. B. K. ESCHERICH). Die

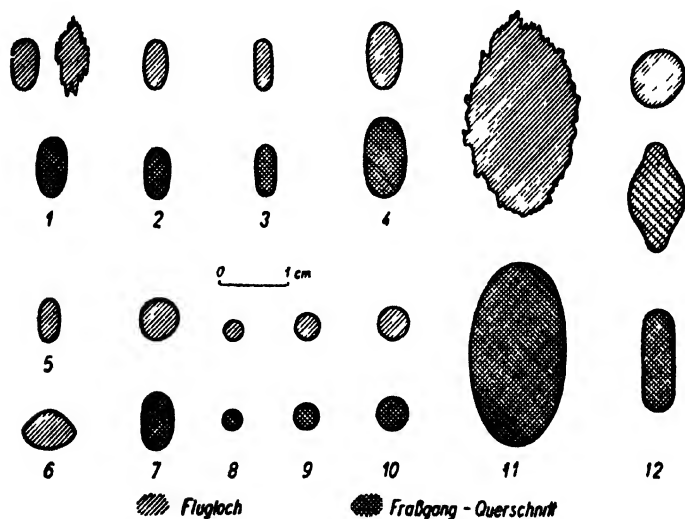


Abb. 1. Flugloch- und Gangquerschnitte (von ausgewachsenen Larven) verschiedener holzerstörender Insekten. 1. *Hylotrupes bajulus*; 2. *Callidium molanum*, *Phymatodes testaceus*; 3. *Callidium aeneum*; 4. *Criocephalus rusticus*, *C. polonicus*; 5. *Tetropium*; 6. Buprestidae; 7. *Leptura rubra*; 8. *Anobium punctatum* (größter ♂, meist kleiner); 9. *Pissodes*, *Calopha*, *Serropalpus*, *Dendrobium*, *Xestobium*; 10. *Sirex gigas*; 11. *Ergates faber*; 12. *Monochamus auctor*, *M. sartor* und *M. galloprovincialis* (Fraßgang und Flugloch der letzteren meist kleiner)

Bockkäfer dagegen besitzen eine ebenmäßigere Fluglochform mit allseits gleichmäßiger Rundung, die jedoch bisweilen durch „Ausfransung“ der Ränder schwerer erkennbar ist.

Eiförmige Fluglöcher von mindestens 15 mm längstem Durchmesser (Φ) gehören zu *Ergates*. Schmale große Fluglöcher bis zu etwa

14 mm \odot und einem Verhältnis von nahezu 2:1 des längsten zum kürzesten \odot erzeugt *Criocephalus*. Alle übrigen Arten haben kleinere Fluglöcher bis zu 7 ... 9 mm, einzelne nur bis zu 4 ... 6 mm längstem \odot . Unter ihnen zeigt *Caenoptera* mit kleinem, etwa 4×2 mm messendem Holz- (nicht Rinden-) Flugloch die Neigung, die Längsrichtung der Ellipsen senkrecht zur Stammrichtung zu stellen, während sie bei allen übrigen meist mehr oder weniger genau in Stamm- bzw. Faserrichtung des Holzes verläuft. — Die Fluglöcher von *Callidium aeneum* sind ungewöhnlich schmal und dadurch gut gekennzeichnet; bei 4 ... 6 mm größtem \odot haben sie ein Längen- : Breitenverhältnis von ungefähr 3:1. Bei den übrigen Arten ist das Verhältnis im Durchschnitt etwa 2,3 ... 2,5:1, seltener, wie bei *Tetropium luridum*, *Asemum* oder gelegentlich auch bei *Hylotrupes* ungefähr 2,0:1. Die Fluglöcher des Hausbockkäfers zeichnen sich in gedeckten Räumen oft dadurch aus, daß die Ränder sehr ungleichmäßig gefranst sind und infolgedessen keine „Eiform“ entsteht. Derartig unregelmäßig geformte Löcher im Holz sind daher ein recht sicheres Bestimmungsmerkmal für diese Art (W. MADEL u. a.).

Es ist zu beachten, daß nicht alle eiförmigen Öffnungen an der Holzoberfläche nur „Fluglöcher“ sind. Alle fraglichen Arten mit Ausnahme von *Hylotrupes bajulus*, *Ergates faber*, *Leptura rubra* und *Spondylis buprestoides* fressen — zumindest im ersten Teil ihrer Larvenentwicklung — vorzugsweise in der Rinden- und Bastschicht und gehen erst in größerem Zustand oder nur zur Verpuppung in das Holz (vgl. unten). Fehlt später die Rinde, so werden die Einbohrlöcher der Larven sichtbar. Bei den *Tetropium*-Arten, *Caenoptera* und zum Teil auch den *Callidium*- und *Phymatodes*-Arten sind sie gleichzeitig die späteren Fluglöcher der Käfer, bei *Clytus* kaum, bei *Criocephalus* und *Asemum* nie. Reine Fraßgänge der Larven sind meist auch an der Holzoberfläche mit Bohrmehl verstopft, verlassene Fluglöcher der Käfer dagegen selten. Bemerkenswert ist dabei, daß die Larven stets sehr gleichmäßig geformte und sehr glattrandige Löcher an der Holzoberfläche, die Käfer bei deren Durchnagen jedoch mehr oder weniger unregelmäßige Formen und faserige Ränder erzeugen.

Beim Einbohren der Larve von der Rindenschicht in das Holz entsteht ferner stets — im Gegensatz zu wirklichen „Fluchlöchern“, die aus dem Holzinnern herauskommen — ein deutlicher Abfall des Fraßganges in die Tiefe, so daß derartige Löcher immer an der einen Längsseite scharfkantig, an der anderen mehr oder weniger seicht abgerundet sind. Beim Hausbockkäfer dagegen, der die eigentliche Rindenschicht meidet, fehlen derartige Löcher mit dem Ansatz des Larvenanges an der Holzoberfläche ganz, und es treten nur Fluglöcher der Käfer auf.

Acanthocinus erzeugt bei der bisweilen im Holz erfolgenden Verpuppung als Larve schmaleiförmige Einbohrlöcher, als Käfer sehr breite, teilweise nahezu rundliche Fluglöcher in einiger Entfernung davon.

Während bei den Holzschädlingen mit eiförmigen Fluglöchern zum Teil sehr deutliche Unterschiede vorhanden sind und die Kennzeichnung einzelner Arten allein auf Grund der Flugöffnungen erfolgen kann, ist bei Tieren mit runden Fluglöchern eine Bestimmung mit Hilfe dieses einen Merkmales allein wesentlich schwieriger, zum Teil sogar unmöglich. Bei einzelnen sehr verschieden großen Arten ist zwar eine Verwechslung ausgeschlossen, bei anderen dagegen sind die Unterschiede nur gering, und es ist besonders zu beachten, daß die Größenschwankung der Fluglöcher entsprechend der der Insekten selbst) innerhalb der gleichen Art recht beträchtlich sein kann und somit Überschneidungen der Durchmessergröße verschiedener Arten auftreten.

Nach der Größe läßt sich folgende ungefähre Einteilung der Insekten mit runden Fluglöchern vornehmen.

Tabelle 2
Holzinsekten mit runden Fluglöchern

Durchmesser der Fluglöcher	In Frage kommende Insektenarten
≤ 1	Parasiten holzerstörender Insekten (<i>Brconidae</i> , <i>Bethylidae</i> , <i>Chalcididae</i>).
$\leq 1 \dots 2$	<i>Anobium</i> -Arten, <i>Ptilinus</i> , <i>Tripopithys</i> , <i>Xylosterus lineatus</i> , Rüsselkäfer, <i>Ptinus</i> , <i>Tinea granella</i> , <i>Tinea cloacella</i> .
$2 \dots 3$	<i>Ernobius mollis</i> , <i>Dendrobium pertinax</i> , Parasiten (<i>Ichneumonidae</i> , <i>Hylecoetus</i> , <i>Nacerda</i> , <i>Dermestes</i> , <i>Niptus</i> , (<i>Caenoptera</i> in Rinde).
$2 \dots 4$	<i>Xestobium rufovillosum</i> , <i>Xylocopa</i> , Parasiten (<i>Ichneumonidae</i>), <i>Paururus</i> -Arten, <i>Serropalpus</i> , <i>Calopus</i> .
$3 \dots 5$	<i>Paururus</i> -Arten, <i>Xeris spectrum</i> , <i>Serropalpus</i> , <i>Calopus</i> ; kleine <i>Leptura</i> , <i>Rhagium</i> und <i>Sirex</i> ; <i>Monochamus galloprovincialis</i> .
$5 \dots 8$	<i>Leptura rubra</i> , <i>Rhagium bifasciatum</i> , <i>Sirex gigas</i> , <i>Spondylis buprestoides</i> , <i>Monochamus sutor</i> , <i>Monochamus sartor</i> .

Unter den Insekten mit runden Fluglöchern besitzen die hier in Frage kommenden Bockkäfer (*Leptura rubra*, *Spondylis buprestoides*, *Rhagium bifasciatum* und die drei *Monochamus*-Arten Fraßgänge mit eiförmigem Querschnitt [vgl. Abb. 1]). Mit Ausnahme der beiden ersten Arten, bei denen sich bereits die Eilarven in das Holz einbohren, fressen wiederum die Larven zunächst unter der Rinde und gehen erst in größerem Zustand in das Holz. Nach Ablösung der Rinde sieht man also bei diesen Arten (nachdem die Käfer das Holz verlassen haben), an der Holzoberfläche bohrmehlverstopfte eiförmige und leere runde Öffnungen.

Runde Löcher im Holz von $3 \dots 4$ mm Φ erzeugen ferner bei der Anlage von Puppenwiegen die Larven von Speckkäfer- (*Dermestes*-) Arten,

Diebskäfer-*(Ptinus-)*Arten und des Messingkäfers *(Niptus hololeucus)*, sowie die Raupen gewisser Mottenarten (z. B. der Kornmotte und der Schleusenmotte). Die Öffnungen sind dabei glattrandig mit etwas abgerundeten Kanten.

Die zahlreichen übrigen, zumeist kleineren Käferarten mit runden Fluglöchern besitzen sämtlich, wie auch alle Holzwespenarten, Fraßgänge mit ebenfalls rundem Querschnitt.

2. Lage der Fraßgänge und Puppenwiegen

Die Lage der Fraßgänge läßt zum Teil bereits äußerlich ohne Zerkleinerung des Holzes eine Aussage über die ungefähre Artzugehörigkeit des Schädlings zu. Nach Aufschneiden oder Aufspalten des Holzes aber ist sie und die Lage der Puppenwiegen ein besonders augenfälliges Merkmal.

Bei einem Teil der hier berücksichtigten Insekten vollzieht sich der Larvenfraß ganz oder weitgehend innerhalb der Rinden- und Bastsschicht, wobei die äußerste Holzschicht ein oder mehrere Millimeter tief mit angefressen wird. Dazu gehören *Acanthocinus*, die *Tetropium*-Arten, *Harpium inquisitor*, *Caenoptera minor*, die Buprestiden (abgesehen von

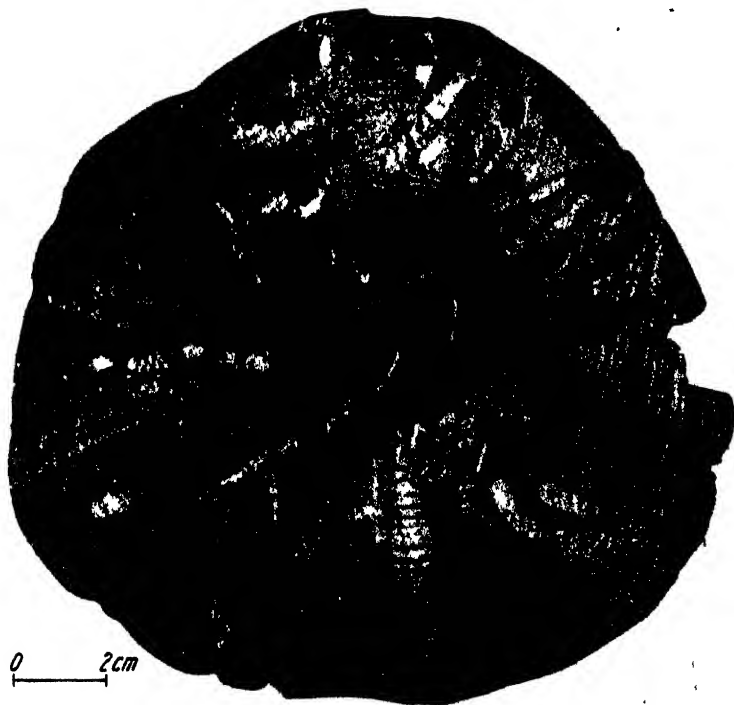


Abb. 2. Kennzeichnendes Fraßbild des Grubenhalshockes (*Crioccephalus rusticus* L. und *C. polonicus* M.): Querschnitt durch einen Kiefernstamm.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Deutsches Entomologisches Institut

Chalcophora Mariana) sowie *Ernobius mollis*, bisweilen, aber weniger ausgeprägt auch die *Callidium*- und *Phymatodes*-Arten und *Clytus lama*. — *Ernobius mollis* frißt im Anfang ganz in der Rinde und erst später auch in der Bastschicht und an der Holzoberfläche. Alle übrigen beginnen schon als Eilarven genau in der Bastschicht und zerstören dann Rinde und Holzoberfläche zugleich oder abwechselnd.

Die Puppenwiegen befinden sich in allen Fällen mit Ausnahme von *Ernobius mollis* und *Harpium inquisitor* und meist auch von *Acanthocinus aedilis* (fast) stets mehrere Zentimeter tief im Holz. Dabei fressen die Bockkäfer in der Regel einen sogenannten Hakengang, der 1 . . . 2 cm weit in Markstrahlrichtung ins Holz führt und sich dann, mehr oder weniger rechtwinklig abbiegend, zu der in Faserrichtung gelegenen eigentlichen Puppenwiege erweitert. Während bei ihnen — wie es scheint, nur mit gelegentlicher Ausnahme von *Acanthocinus* — das Einbohrloch der Larve gleichzeitig Ausflughoch des Käfers ist, haben die flacheren Prachtkäfer-Puppenwiegen zwei Öffnungen (vgl. K. ESCHERICH und andere).

Bei einigen oben genannten Käfern, nämlich den *Callidium*- und *Phymatodes*-Arten, kann der letzte Teil der Fraßgänge auch durch das Splintholz führen, wobei nicht selten größere Zerstörungen angerichtet

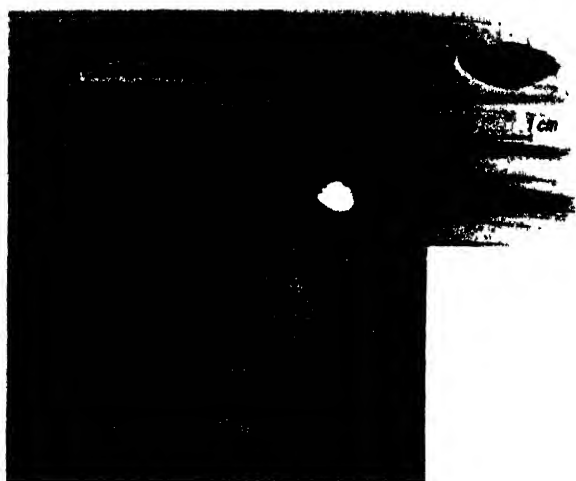


Abb. 8. Fraß von *Monochamus galloprovincialis* Ol. in Kiefernholz. Oben: Gleichzeitig angeschnittene Querschnitte, links eines Larvenfraßganges kurz nach dem Eindringen der Larve in das Holz, rechts Puppenwiege, in der Mitte Ausschlußpfad mit Flügloch. Unten: Aufgeschnittener Fraßgang mit Einbohröffnung der Larve, durch die alle Nagespäne aus dem ersten Teil des Ganges hinausbefördert sind; im Fraßgang Bläue auch im Kernholzbereich. Aufnahme und Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

werden. Damit bilden diese Tiere einen Übergang zu denjenigen Holzfressern, bei denen der zweite Teil der Larvenentwicklung regelmäßig im Holz vor sich geht. Es sind dies die *Monochamus*-Arten, *Clytus lama*, *Rhagium bifasciatum*, *Asemum striatum* und die beiden *Criocephalus*-

Arten. Diese Tiere fressen zunächst ebenfalls in der Rinden- und Bast-schicht, indem sie die obersten Holzschichten benagen, gehen jedoch stets in halberwachsenem oder älterem Zustand in den Holzkörper und verursachen hier durch ihre langen Gänge meist recht starke Zerstörungen. *Criocephalus* unterscheidet sich von den anderen genannten (außer *Monochamus*) und den ausschließlich im Holz lebenden Arten dadurch, daß seine gewundenen Larvengänge mit großer Regelmäßigkeit auch in das Kernholz der Kiefer führen und selbst stark harzige Stellen nicht meiden (Abb. 2). Auch die *Monochamus*-Larven dringen oft in das Reif- oder Kernholz ein (Abb. 3), haben aber verhältnismäßig gerade verlaufende Bohrgänge. Die Fraßgänge von *Asemum* (Abb. 4) können sich in unmittelbarer Nähe des Kernholzes häufen, wenn die äußeren Splintholzschichten trockener sind. Ähnlich ist auch die Lage der Fraßgänge von *Calopus serraticornis* und *Serropalpus barbatus*.

Die Bockkäfer *Hylotrupes bajulus* (Abb. 5), *Leptura rubra*, *Ergates faber*, *Spondylis buprestoides* (Abbild. 6), die Klopfkäfer *Anobium punctatum* (Abb. 12) und nahe verwandte *Anobium*-Arten, *Dendrobium pertinax* (Abb. 13), *Nestobium rufovillosus* und *Ptilinus pectinicornis*, *Xyloterus lineatus* und die holzerstörenden Rüsselkäfer (Abb. 7) fressen — abgesehen von kurzen Gangstrecken — bei Kiefer nur im Splintholz; die Holzwespen (deren Fraßgänge bereits oft abgebildet worden sind), der Prachtkäfer *Chalcophora Mariana*, der sich vorzugsweise im Kernholz verpuppt, sowie der bekannte *Hylecoetus* und *Nacerda* durchziehen zum Teil auch das Kern- und Reifholz.

Der Hausbockkäfer unterscheidet sich von allen übrigen genannten Insekten dadurch, daß er das äußerste Splintholz ganz deutlich bevorzugt und von dieser Regel nur bei dem im Freiland verbauten Holz eine Ausnahme macht; hier bleibt ein 1...2 cm dicker äußerer Mantel vom Larvenfraß unversehrt.

Nester holzerstörender Ameisen befinden sich im Kern- und Reifholz oder in dessen Nähe (Abb. 11). — Holzbienen nagen gekammerte Gänge in das Splintholz. — Puppenwiegen nicht holzfressender Insekten

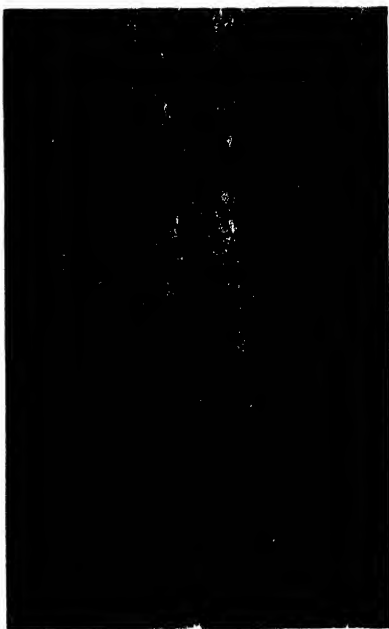


Abb. 4. Fraßbild des Dusterbockes (*Asemum striatum* L.) in einem Kiefernrandling. Längsschnitt durch den am stärksten befallenen Bereich in Kernholznähe. Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

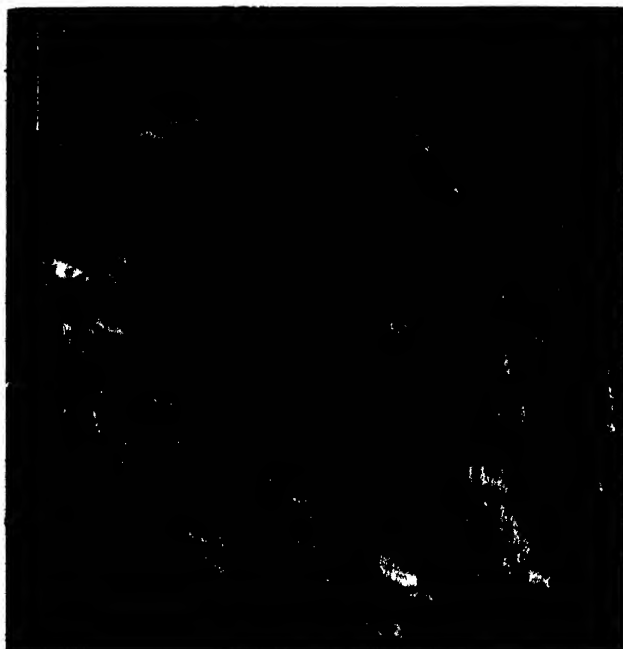


Abb. 5. Von Hausbocklarven (*Hylotrupes bajulus* L.) im Splint völlig zerstörter Dachbalken (Kiefer).
Aufnahme und Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

(Messing-, Diebs-, Speckkäfer, Mottenarten) führen als gerade oder gekrümmte Gänge mehrere Millimeter oder Zentimeter tief in die obersten Holzschichten (vgl. oben).

3. Form, Verlauf und Umfang der Fraßgänge

Diese Fraßbilderscheinungen sind im entsprechenden Schrifttum meist ausführlich behandelt und sollen daher hier zugunsten weniger gut bekannter Merkmale nur kurz vergleichsweise berücksichtigt werden. Obwohl Aussehen und Ausdehnung der gesamten Fraßanganlage zwar artweise verschieden sind, ist es doch in vielen Fällen sehr schwer, ähnliche Fraßbilder zu unterscheiden und hinreichend geeignete Kennzeichen dafür in wenigen Worten anzugeben. Das ist besonders bei den rindenfressenden Arten der Fall.

Unter den rinden- und bastschichtfressenden (hier berücksichtigten) Insekten ist *Ernobius mollis* dadurch ausgezeichnet, daß die vielfach gewundenen, im Anfang gänzlich in der Rinde verlaufenden Gänge meist auf einen verhältnismäßig kleinen Platz beschränkt sind und immer wieder tief in die Rinde zurückkehren. Die größeren bastschichtfressenden Bock- und Prachtkäfer dagegen entfernen sich auf gewundenen oder verschlungenen Wegen weiter vom Platz der Eiablage und des Fraßbeginns fort. Gute Beschreibungen und Abbildungen dieser Fraßformen, bei denen oft „Platzfraß“ das Ganggewirr unterbricht, können dem vorhandenen Schrifttum entnommen werden (vgl. auch Abb. 8—10).

Unter den eigentlichen holzerstörenden Insekten des Nadelholzes nagt *Hylecoetus* als einziges einfache, gerade oder wenig gekrümmte Gänge, die entweder unter der Stammoberfläche entlang oder in das Holzinne hineinführen. *Xyloterus* verursacht leiterförmige Fraßbilder, die nicht mit anderen Nadelholzschäden zu verwechseln und hinreichend bekannt sind. Der Hauptgang führt ins Innere des Stammes, die „Sprossen“ verlaufen senkrecht dazu in Stammrichtung. Die Holzbienen legen gerade, in sich gekammerte Brutgänge an, während die den Jahrringen folgenden Ameisennester durch weitläufige, galerieartige Hohlräume gekennzeichnet sind (Abb. 11). Alle übrigen stehen durch vielfach gewundene, in verschiedener Richtung verlaufende bohrmehlgefüllte Fraßgänge im Holzinnern in deutlichem Gegensatz zu den soeben genannten.

Die kleineren Arten (Anobien, Rüsselkäfer, *Nacerda*) und die jüngeren Larven der Bockkäfer folgen bei ihrem Fraß vorzugsweise den weicheren und nährstoffreicheren Frühholzschichten. Die Spätholzringe bleiben dann bei stärkeren Zerstörungen als vielfach durchlöchernte Lamellen übrig (Abb. 12 und 13). Die größeren Larven bevorzugen zwar ebenfalls die Stammlängsachse (Abb. 14), durchbohren aber doch das Holz auch unabhängig von Richtung und Jahrringverlauf. Die dabei artenweise bevorzugten oder gemiedenen Stammabschnitte wurden bereits genannt.

Das Ausmaß der Zerstörung richtet sich natürlich nach der Zahl der vorhandenen Larven. Es ist dementsprechend bei den Arten, die das gleiche Holz in mehreren Generationen nacheinander befallen, wie der Hausbock, der Mulmbock und der Rothalsbock, die Anobien, die Rüsselkäfer oder auch *Nacerda*, wesentlich größer als bei den Frischholzarten mit nur einer Generation in demselben Holz. Besonders bei Holzwespen und den im Fraßbild sehr ähnlichen *Serropalpus* und *Calopus* ist die geringe Zahl von Fraßgängen meist auffallend. Die beiden Käfer haben außerdem noch bemerkenswert kurze Einzelgänge, während diese bei den Holzwespen recht lang sein können. Bei den ungefährlicheren, nur im Frischholz lebenden Bockkäfern kann man meist die Gänge der einzelnen Tiere verfolgen; dagegen ist dies z. B. bei stärkerem Befall durch den Hausbockkäfer nicht mehr möglich.



Abb. 6.

Fraßgänge des Waldbockes
(*Spondylis buprestoides* L.).
Aufnahme: G. BECKER,
Materialprüfungsamt Berlin-
Dahlem. Material: Deutsches
Entomologisches Institut

4. Querschnitt, Größe, Färbung und Füllung der Fraßgänge

Der Querschnitt der Larvenfraßgänge ist bei allen Bockkäfern sowie den Prachtkäfern eiförmig, bei sämtlichen übrigen Holzzerstörern kreisförmig (Abb. 1). Die Ameisen allein erzeugen weite, gekammerte Nesträume, deren Verlauf den Jahrringen des Holzes folgt

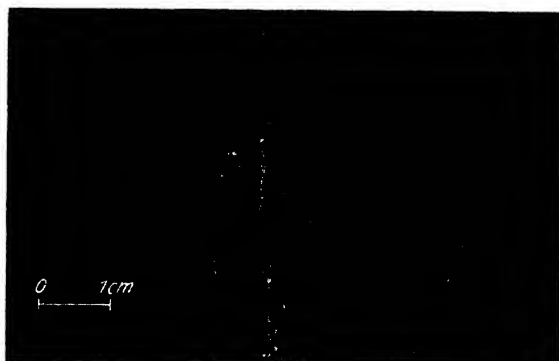


Abb. 7. Fraß holzerstörender Rüsselkäfer (*Erymodes elongatus* Gyll.) in einem Hafenpfahl. Natürliche Größe.

Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Abb. 8. Kennzeichnendes Fraßbild einer zunächst vorwiegend in der Rinden - Bast - Schicht fressenden Bockkäferart (*Phymatodes testaceus* L.). Rechts Stammoberfläche, links Innenseite der abgelösten Rindenschicht.

Aufnahme u. Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Abb. 9. Fraßbild des blauen Scheibebockes (*Callidium violaceum* L.) an Fichte.

Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Deutsches Entomologisches Institut

(Abb. 11). Bei „platzförmigem“ Fraß, der bei den Cerambyciden und Buprestiden nicht selten ist, sind Form und Abmessungen natürlich verändert (Abbild. 9). Unter den Rindenfressern sind die Prachtkäfer (Abb. 10) durch einen ebenen Boden der Fraßgänge zu unterscheiden, wäh-



Abb. 10. Fraßgänge in der obersten Holzschicht durch Prachtkäferlarven (*Buprestidae*). Einbohrlöcher von Prachtkäferlarven (*Anthaxia spec.*) an der Holzoberfläche.

Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Deutsches Entomologisches Institut

rend dieser bei den Bockkäferlarven gewölbt ist (K. ESCHERICH u. a.). *Chalcophora Mariana* als einziger tief ins Holz gehender Nadelholzbuprestide in Deutschland zeichnet sich durch besonders schmale Larvengänge aus.

Eine bemerkenswerte Änderung der Querschnittsform mit zunehmender Größe zeigen die *Monochamus*-Larven. Während die Gänge jüngerer Tiere schmaleiförmig mit nahezu parallelen Längswänden sind, ist der Querschnitt größerer Gänge in Nähe der Puppenwiege wesentlich breiter, die Längskanten sind gewölbt und stoßen in einem beinahe spitzen Winkel aneinander (Abb. 1 und 3). Bei anderen Cerambyciden mit runden Fluglöchern ist eine derartig ausgeprägte Formänderung des Gangquerschnittes nicht zu beobachten.

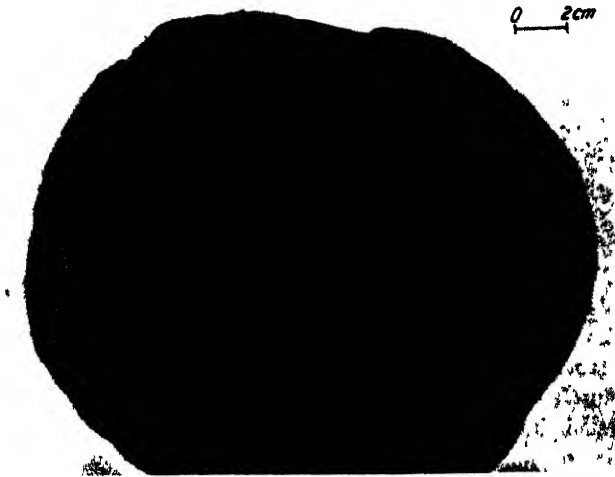


Abb. 11. Querschnitt durch einen von Rößameisen (*Camponotus ligniperda* Latr.) zerfressenen Fichtenstamm.

Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Deutsches Entomologisches Institut

Zieht man die Größe der Fraßgänge als Bestimmungsmerkmal heran, so ist stets zu beachten, ob diese zum Teil bereits von erwachsenen Tieren erzeugt sind (Vorhandensein von Fluglöchern oder Puppenwiegen beachten!) oder es sich möglicherweise erst um einen jungen Befall handelt.



Abb. 12. Kennzeichnendes Fraßbild der häufigsten und schädlichsten Anobionart (*Anobium punctatum* De Geer) in Nadelholz. Vorwiegend Zerstörung der Frühholzschichten (links), das Spätholz bleibt in Form durchlöcherter Lamellen übrig (rechts). Natürliche Größe. Aufnahme und Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Fraßgänge ausgewachsener Mulmbocklarven haben als einzige einen \odot von mehr als 2 cm. Die *Criocephalus*-Larven erzeugen bis zu etwa 16 mm (im Längsdurchmesser) große, auffallend schmale Gangquerschnitte (Abb. 2). Im übrigen

wird (um Wiederholungen zu vermeiden) auf die bei der Besprechung der Fluglöcher gemachten Angaben über die Form und Größe der Einbohrlöcher der Larven in das Holz sowie auf die Zusammenstellung in Abb. 1 verwiesen. Die Abmessungen auf Abb. 1 sind natürlich ungefähre Durchschnittswerte; die übliche Größenschwankung innerhalb der Arten erschwert eine zahlenmäßige Kennzeichnung sehr.

Während bei den weitaus meisten Tieren die Gangwände von der Farbe des umgebenden Holzes sind, besitzen sie bei *Xyloterus lineatus* eine schwarzbraune und bei den *Hylecoetus*-Arten eine ebenfalls durch Pilze verursachte hell- bis dunkelbraune Färbung. Dadurch sind diese Arten gut gekennzeichnet.

Eine eigentümliche Musterung der Gangwände, die durch die Art des Holzabnagens zustande kommt, ist bei den in trockenem Holz fressenden Tieren, also besonders beim Haus-

bockkäfer und den *Anobium*-Larven zu beobachten. M. WOLFF hat sie bei *Hylotrupes* als „Rippelmarkenstruktur“ bezeichnet und als Eigentümlichkeit der Art erklärt. Ihre Entstehung ist jedoch nicht artgebunden, sondern durch den Holzfeuchtegrad beim Nagen bedingt



Abb. 18. Fraßbild von *Dendrobium pertinax* L. in pilzbefallenen Kiefernspiltholz nach Entfernung des Bohrmehls. Nur die durchlöcherter Spätholzlamellen sind erhalten geblieben. Aufnahme und Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

(Abb. 15). Aus diesem Grunde spricht ihre Ausprägung allerdings für Hausbock bzw. *Anobium*-Befall. — In Buprestidenfraßgängen kann man bisweilen eine terrassenähnliche, leicht gewellte Querstreifung beobachten.

Über die Füllung der Fraßgänge lassen sich vergleichsweise zunächst folgende allgemeine Feststellungen treffen. Die von Pilzmyzel lebenden Käfer *Xyloterus* und *Hylecoetus* haben leere Gänge. Auch die



Abb. 14. Fraßgänge des gestreiften Zangenbockes (*Rhagium bifasciatum* L.) Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem. Material: Deutsches Entomologisches Institut

Ameisen und die Holzbienen entfernen das zernagte Holz; ebenso sind die selteneren Puppenwiegen der nicht vom Holz lebenden Käfer (*Darmestes*- usw.) und Mottenarten von Nagespänen frei. Das in den übrigen Fällen aus Kotteilchen und Nagespänen bestehende „Bohrmehl“ ist bei den Anobiiden mit Ausnahme von *Ptilinus* und bei den Rüsselkäfern verhältnismäßig locker und fällt leicht aus den Gängen heraus. Von den übrigen Insekten wird es stärker in den Gängen zusammengedrückt. Je frischer oder feuchter das Holz bei ihrer Fraßtätigkeit war, um so fester haftet es später zusammen. Das läßt sich besonders bei den einzelnen, zum Teil unter sehr abweichenden ökologischen Bedingungen lebenden Bockkäferarten beobachten; aber auch bei der gleichen Art, z. B. dem Hausbock, ist die Ablagerung des Bohrmehls in einem trockenen Dachbalken und einem feuchten Hafenspahl äußerlich



Abb. 15. Fraßmuster („Rippelmarkenstruktur“) an den Gangwänden der Hausbockkäferlarven (*Hylotrupes bajulus* L.). Natürliche Größe. Aufnahme und Material: Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

verschieden. Das ist bei Fraßbestimmungen zu beachten. — Bei *Crioccephalus* und *Monochamus* sind die Gänge stellenweise ganz leer. Die Larven besonders der letzten Gattung stoßen Bohrmehl und Späne oft in Menge aus dem Holz heraus, wie K. ESCHERICH u. a. bereits angegeben haben.

Die Bockkäfer, Prachtkäfer, Rüsselkäfer und *Nacerda* enthalten in ihrem Bohrmehl zahlreiche grobe Nagespäne, die im Verhältnis zu den

Larven sehr lang und breit und nicht nur als Auskleidung oder Verschuß der Puppenwiegen, sondern auch in den Larvenfraßgängen regelmäßig und stellenweise gehäuft auftreten. Größe und Menge der groben Späne steht ebenfalls in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit (G. BECKER 1943), daneben auch von der sonstigen Holzbeschaffenheit. — Besonders festgestopft ist das Bohrmehl in den Gängen der Holzwespen und der Käfer *Serropalpus*, *Calopus* und *Ptilinus*, bei denen sich einzelne Kotteilchen in dem Fraßganginhalt nicht unterscheiden lassen.

Auf Einzelheiten der Bohrmehlbeschaffenheit soll in den beiden nächsten Abschnitten eingegangen werden.

5. Form, Farbe und Größe der Kotteilchen

Die Beschaffenheit des Kotes ermöglicht in vielen Fällen, besonders im Zusammenhang mit dem einen oder anderen der übrigen Bestimmungsmerkmale, eine eindeutige Erkennung des Schädlings. Da aber gerade über die Kotformen holzerstörender Insekten im Schrifttum erstaunlich wenig Genaues angegeben und bekannt ist, werden sie im folgenden Teil etwas eingehender erörtert. Die Berücksichtigung der Kotform bei der Artbestimmung ist vor allem bei den nach dem übrigen Fraßbild schwerer unterscheidbaren Arten von Wert. Das war für die Auswahl im Folgenden mitbestimmend.

Es gibt auch bei den Holzfressern durchaus verschiedene Gestalten des meist in gepreßter Form abgegebenen Darminhaltes, die durch den Bau des Enddarmes des betreffenden Tieres bedingt und innerhalb einer Insektenart recht einheitlich sind. Der Kot ist stets vermischt mit groben Spänen und feinem „Nagsel“, das nicht gefressen worden ist, und wird meist mit diesem in den Gängen, mehr oder weniger fest (siehe oben) zusammengedrückt, abgelagert. Form und Anteil des Nagsels und der Späne sowie die Art der Ablagerung des Bohrmehls werden anschließend noch berücksichtigt.

Näher beschrieben und abgebildet sind bisher der Kot der Hausbocklarven (K. ECKSTEIN, I. TRÄGÄRDH u. a.) und der Mulmbocklarven (G. BECKER); für *Leptura rubra* wird der Larvenkot (nicht völlig, aber im Vergleich mit dem anderer Cerambycidenarten recht zutreffend) als kugelig bezeichnet (H. WEIDNER, E. KÖNIG). Auch für Holzwespen gibt es Angaben. — K. ECKSTEIN, der besonders auf den Wert der Kot- und Nagselform für die Schädlingsbestimmung hingewiesen und diese durch eigene Untersuchungen gefördert hat (1939), berücksichtigt in seiner Arbeit über „Das Bohrmehl der Anobien“ (1940) *Anobium punctatum*, *Dendrobium pertinax*, *Xestobium rufovillosum* und *Ptilinus pectinicornis*. Im Falle von *D. pertinax* hat dabei offenbar leider ein von anderer Seite falsch bestimmtes Fraßstück vorgelegen, in dem *A. punctatum* und *Ernobius mollis* gemeinsam gefressen zu haben scheinen. — Den Kot von *E. mollis* bildet I. TRÄGÄRDH (1939) erstmalig ab; für *Xestobium* ist er schon früher in verschiedenen (vor allem englischen) Arbeiten gekennzeichnet worden, die nicht im einzelnen genannt werden.

Form und Farbe der Kotteilchen sind wesentliche Merkmale. Ihre Größe dagegen verändert sich natürlich mit dem Larvenwachstum. Bei einem Vergleich neuer Proben mit den Größenangaben des Schrifttums, die sich im allgemeinen auf erwachsene Larven beziehen, ist daher stets zu beachten, ob im fraglichen Falle der Kot wirklich von ausgewachsenen Tieren stammt. Man muß also nach zugehörigen Fluglöchern oder

Puppenwiegen suchen. Befinden sich — was nicht selten vorkommt — die Fraßgänge zweier Insektenarten im Holz, so ist bei der Untersuchung besondere Aufmerksamkeit erforderlich.

Die Grundform des Bockkäferkotes ist die Walze. Sie kann in verschiedener Weise abgewandelt sein. Deutlich anders geformt, und zwar in recht verschiedener Weise, und daher gut zu unterscheiden ist der Kot der Anobien, der Rüsselkäfer und der meisten Prachtkäfer. Bei den Holzwespen sind geformte Kotteilchen nicht zu erkennen, und auch bei *Serropalpus* und *Calopus* fehlen sie anscheinend.



Abb. 16. Fraßganginhalt von *Anobium punctatum* De Geor
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Anobium punctatum erzeugt eiförmigen Kot bis zu ungefähr 0,8 mm Länge und ungefähr 0,4 mm Breite (am breitesten Ende), bei dem mit gewisser Regelmäßigkeit das schlankere Ende oder beide Seiten zu einer feinen Spitze ausgezogen sind (Abb. 16). Das durchschnittliche Verhältnis von Länge : Breite (das schwanken kann) ist $\sim 2,4 : 1$. Entsprechend, mit nur geringen Abweichungen, ist der Kot bei fast allen übrigen, bisher untersuchten Arten der Gattung *Anobium* geformt (Abb. 17). Ähnliche Kotteilchen, jedoch meist ohne ausgezogene Spitzen, hat auch *Ptilinus pectinicornis*. Deutlich anders gestaltet sind sie dagegen bei *Dendrobium pertinax*. Der bis zu $\sim 1 \times \sim 0,4$ mm messende (meist kleinere) Kot ist in der Längsachse zusammengedrückt und gekrümmt, hat eine konkave und eine konvexe Breitseite, ist andeutungs-



Abb. 17. Fraßganginhalt von *Anobium Thomsoni* KR.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Abb. 18. Fraßganginhalt von *Dendrobium pertinax* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

weise viereckantet und am vorderen Ende deutlich dicker als am verjüngten Hinterende (Abb. 18). Die beschriebenen Formmerkmale sind beim Fraß in stärker von Pilzen zerstörtem Holz besonders deutlich. — *Tripopithys carpini* hat ähnlichen Kot wie *D. pertinax*. — Der Kot der Gattungen *Xestobium* und *Ernobius* ist ausgesprochen linsen-



Abb. 19. Fraßganginhalt von *Xestobium rufovillosum* De Geer.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Dicke der Linsen im Verhältnis zum \odot ist bei *Ernobius* deutlich größer als bei *Xestobium*.

Die Farbe des Kotes entspricht bei *Anobium*, *Ptilinus*, *Dendrobium* und *Xestobium*, ausgesprochen splintholzerstörenden Arten, der Farbe des gefressenen Holzes. Der Kot des vorzugsweise rindenfressenden *Ernobius mollis* ist bei kleineren Tieren, die noch ausschließlich Rinde verzehren, glänzend schokoladenbraun; mit zunehmender Größe jedoch wird er in demselben Maße, wie die Larve auch Holz frißt, heller und zugleich weniger glänzend, um bei den größten Tieren zum Teil die helle Farbe des Splintholzes zu erreichen (Abb. 20). *Triopopithys carpini*, eine teils wohl in berindeten Zweigen, zum Teil auch in verbautem Holz lebende Art (E. SCHIMITSCHEK, F. ZACHER) erzeugt je nach der Nahrung braunen oder holzfarbenen Kot.

Die holzerstörenden Rüsselkäfer besitzen kugelig-eiförmigen Kot und unterscheiden sich weiterhin meist gut von allen Anobien durch die Besonderheit, daß häufig mehrere Kotbröckchen perlschnurartig zusammenhaften. Neben diesen und anderen holzfarbenen Teilchen, die winzig, eiförmig und beiderseits in Spitzen ausgezogen sind, kommt bei Rüsselkäferfraß eine dritte Gruppe von kleinen eiförmigen gelblichen Gebilden mit glasigem Aussehen vor (Abb. 21). Die beiden letzteren sind der Kot der bei den Rüsselkäfern sehr lange am Leben bleibenden und im Gegensatz zu den meisten übrigen Holzerstörern auch Holz fressenden Käfer. (Perlschnurartigen Kot hat K. ECKSTEIN ebenfalls für andere, forstschädliche Rüsselkäfer beschrieben.)



Abb. 20. Fraßganginhalt von *Ernobius mollis* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt
Berlin-Dahlem

förmig und damit wesentlich anders geformt und gut unterscheidbar (Abb. 19, 20). Bei sehr jungen Tieren sind die Teilchen allerdings nahezu eiförmig (insbesondere bei *Ernobius*, hier auch kugelig), und auch größere Kotlinsen sind bei den drei Arten bisweilen nicht ganz kreisförmig, sondern etwas elliptisch. Die

Bei den rindenfressenden Prachtkäfern ist der Kot eiförmig mit stumpfen, stark abgerundeten Spitzen. Ähnlich wie bei *Ernobius mollis* sind die kleinsten Kotteilchen schokoladenbraun; mit zunehmender Größe werden sie heller, ohne allerdings die Holzfarbe zu erreichen. Bisweilen sind auch bei den Buprestiden mehrere Kotbröckchen, dicht aneinander-



Abb. 21. Fraßanginhalt von *Eremotes elongatus* Gyll. Holzzerstörender Rüsselkäfer.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Abb. 22. Kotballen (fast ohne Nagespäne) von *Chalcephora Mariana* L. (Prachtkäfer).
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

gepreßt, zu einer kurzen Schnur vereinigt. — *Chalcephora Mariana* scheint verhältnismäßig uneinheitlich geformten Kot zu haben. Die einzelnen Teilchen, von denen oft mehrere gehäuft zusammenkleben, sind glatte Walzen mit etwas eingedellten oder abgerundeten Schnittflächen, von kugeligter Form bis zu mittlerer Länge schwankend (Abb. 22).

Die Kotwalzen der Bockkäfer unterscheiden sich — wenigstens zum Teil — gattungsweise durch ihr Längen- : Breitenverhältnis, ihre Ober-



Abb. 23. Fraßanginhalt von *Callidium violaceum* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Abb. 24. Fraßanginhalt einer erwachsenen Hausbocklarve (*Hylotrypes bajulus* L.)
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

flächenbeschaffenheit und ihre Farbe. Beim Fraß in der Rindenbast-schicht sind sie braun und glänzend, mit meist verhältnismäßig rauher, unregelmäßiger Oberfläche (Abb. 23), bei Fraß im Holzkörper holzfarben mit verhältnismäßig glattem Mantel. Die Kotwalzen der *Callidium*- und *Phymatodes*-Arten zeichnen sich im allgemeinen durch ein besonders

großes Längen- : Breitenverhältnis aus, das durchschnittlich etwa wie 2 : 1 (Holz) bis 3 : 1 (Rinde) ist. Diese Arten fressen vorzugsweise nur



Abb. 25. Kotwalzen mit wenig Nagemehl einer ausgewachsenen Hausbocklarve (*Hylotrupes bajulus* L.). Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Rinde und Bast und trotz der meist mehrere Millimeter tiefen Holzbeschädigung oder des gänzlichen Eindringens der Fraßgänge in das Splintholz bei größeren Larven ist der Kot doch stets verhältnismäßig dunkel gefärbt und erreicht niemals bei den bisher untersuchten Fraßproben die helle Holzfarbe wie bei erwachsenen *Ernobius*-

Larven. Je dunkler bei diesen Bockkäferarten die Kotwalzen sind, um so größer ist meist ihre Länge im Verhältnis zur Dicke (Abb. 23).

Am ebenmäßigsten sind die Kotwalzen beim Hausbock geformt, die hier bis zu ~ 1 mm lang und etwa 0,6 mm dick werden (Abb. 24 und 25). Das durchschnittliche Längen- : Breitenverhältnis ist etwa wie 1,5 : 1 bis 1,7 : 1. Tieferer ringförmige Einschnürungen auf der Mantelfläche sind bei *Hylotrupes* verhältnismäßig selten, häufiger dagegen bei *Ergates*; hier erscheinen die bis zu ~ 3 mm langen und etwa $\sim 1,5$ mm dicken Kotwalzen häufig aus kürzeren Einzelgliedern zusammengesetzt (Abb. 26 und 27). Bei beiden Arten haben sie eine mehr oder weniger deutlich konkave und mehr oder weniger deutlich konvexe Stirnfläche. Die Kotgröße erwachsener *Ergates*-Larven kennzeichnet diese Art wiederum gut gegenüber anderen. Das Längen- : Breitenverhältnis der Kotwalzen von rund 2 : 1 ist insbesondere bei jüngeren *Ergates*-Larven im Vergleich zu anderen im Holzkörper fressenden *Cerambyciden* besonders groß.

Criocephalus (Abbild. 28), *Asemum* (Abbild. 29), *Spondylis*, *Rhagium bifasciatum* und *Leptura rubra* (Abbild. 30) haben natürlich wesentlich kleineren Kot als *Ergates*. Bei den

Larven von *Criocephalus* und *Asemum* ist der Kot in jeder Größe deut-



Abb. 26. Fraßganginhalt einer jüngeren Mulmbocklarve (*Ergates faber* L.). Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

lich walzenförmig mit einem Längen-:Breitenverhältnis von durchschnittlich $\sim 1,4 : 1$ bis $\sim 1,6 : 1$, also etwas kürzer als bei *Hylotrupes* und *Ergates*. Im Falle der genannten *Leptura*-, *Spondylis*- und *Rhagium*-Arten dagegen verändert sich die länglichere Walzenform des Kotes der jungen Larven mit zunehmender Größe der Tiere in kürzere walzenförmige bis annähernd kugelhähnliche Gebilde. Während die Form der kurzen Walze anscheinend bei *Leptura* (Abb. 30) noch am besten ausgeprägt bleibt, ist besonders bei den beiden anderen Arten die Oberfläche des Kotes erwachsener Larven sehr ungleichmäßig geformt.



Abb. 27. Kotwalzen einer ausgewachsenen Mulmbocklarve (*Ergates faber* L.).
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Nacerda melanura erzeugt kugeligen oder walzen- bis doppelkegelförmigen Kot von besonders ungleichmäßiger Gestalt und sehr grober Oberflächenbeschaffenheit, der aus größeren Einzelteilchen zusammen-

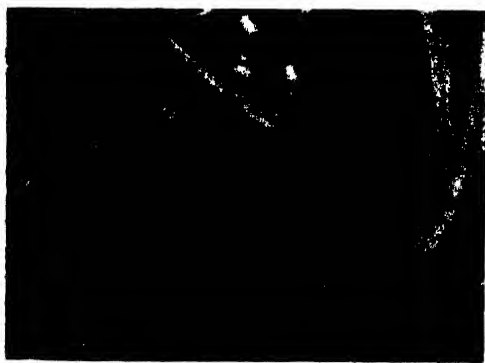


Abb. 28. Fressganginhalt von *Oricophagus ruficornis* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

gesetzt erscheint. — Die Kotteilchen finden sich bei den letztgenannten Bockkäfern und bei *Nacerda* an gewissen Stellen im Bohrmehl gehäuft, im übrigen seltener. Nur *Leptura rubra* hat oft einen sehr hohen Kotanteil im Bohrmehl.

Bei *Tetropium*, *Harpium* und *Acanthocinus* sind in dem vor allem aus groben und feineren Spänen zusammengesetzten Bohrmehl im allgemeinen überhaupt keine geformten Kotteilchen erkennbar. — Der Kot von *Caenoptera* ist rindenfarbig braun, walzenförmig mit meist abgerundeten Kanten und in sehr geringer Menge in dem übrigen helleren Bohrmehl enthalten.

6. Form und Anteil der Nagespäne; Art der Ablagerung

Bis zu einem gewissen Grade ist die Form der feinen und mehr noch der gröberen Nagespäne und ihr Anteil an dem gesamten Bohrmehl kennzeichnend für die einzelnen Gruppen und Gattungen der Holzzerstörer. Auch die Art der Ablagerung ist verschieden.

Die Anobiiden erzeugen nur ganz feines Nagemehl, aber keine gröberen Nagespäne. Auch bei der Herrichtung der Puppenwiegen und ihres Verschlusses fehlen diese. Der Anteil des Nagemehls im Verhältnis zur Kotmenge ist — abgesehen von *Ptilinus* — im allgemeinen sehr, oft bemerkenswert gering, und das gesamte Bohrmehl ist in den Fraßgängen sehr lose abgelagert. Beim Aufspalten des Holzes fällt es leicht und ohne Stäuben heraus. Bei *Ptilinus* dagegen überwiegt das Nagemehl den geformten Kot an Menge bei weitem, der Inhalt der Fraßgänge ist sehr fest zusammengedrückt und nur mit Mühe zu entfernen.

Im Gegensatz zu den Anobiiden, die in feuchtem Holz kaum gröbere Späne abzureißen pflegen, ist das — abgesehen von den Kotformen — sonst recht schwierig zu unterscheidende Fraßbild der holzerstörenden Rüsselkäfer durch die Anhäufung längerer schmaler Holzspänchen gekennzeichnet, die meist etwas spiralig eingerollt sind und dem fester in den Gängen haftenden „Bohrmehl“ ein etwas wirres Aussehen geben.



Abb. 29. Fraßganginhalt von *Anomus striatum* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Das Bohrmehl der Holzwespen und von *Serropalpus* und *Calopus*, das keine erkennbaren Kotteilchen enthält, ist aus feinem Nagemehl und gröberen, verhältnismäßig kurzen Nagespänen zusammengesetzt und sehr fest in den Gängen zusammengepreßt.

Die *Nacerda*-Fraßgänge enthalten sehr viel grobe, lange, an den Enden ausgefranzte

Nagespäne, die zusammen mit feinem Nagsel und Kot unregelmäßig und nicht besonders fest abgelagert sind.

Bei den Prachtkäfern ist — ähnlich wie bei den Bockkäfern — das Bohrmehl, das sehr viel feines Nagsel und gröbere, einfach geformte Späne enthält, in den Gängen fest zusammengedrückt, so daß es bei deren Eröffnen in größeren zusammenhängenden Stücken herausfällt. Durch den Wechsel von brauner Rinde und hellerem Holz im Fraßmehl erscheint dieses gestreift, und zwar meist in bogenförmigem Master. (Die „wolkige“ Anordnung betont bereits K. ESCHERICH 1923.)

Bei der artenreichen Familie der Bockkäfer schließlich sind, wie für einzelne Arten K. ECKSTEIN (1939) gezeigt hat, gattungsweise Unterschiede bezüglich der Form der Späne und der Ablagerung des Bohrmehls vorhanden. Das Fraßbild von *Hylotrupes* ist durch das Fehlen größerer Späne — abgesehen von der Umgebung der Puppenwiegen — ausgezeichnet (Abb. 23 und 24). Von Bedeutung ist dabei allerdings der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, denn in nassem Holz reißt die *Hylotrupes*-Larve ebenfalls grobe Späne ab, und der Anteil solcher Späne ist auch bei den Arten, deren Larven sie regelmäßig herstellen, je nach der Holzfeuchtigkeit etwas verschieden. Die Hausbocklarve erzeugt feinstes Nagemehl in sehr großer Menge; das gesamte Bohrmehl wird recht fest in den Gängen zusammengedrückt, beim Aufspalten oder Abbeilen befallenen Holzes stäubt es aber, wenn das Holz trocken ist, außerordentlich stark.

Die *Callidium*- und *Phymatodes*-Arten sind — worauf bisher anscheinend noch nicht geachtet worden ist — von *Hylotrupes* wie von den grobspanerzeugenden Rinden-, Bastschicht- und Holzfressern an Nadelhölzern dadurch gut zu unterscheiden, daß neben dem feinen Nagsel und dem Kot schuppen- oder plättchenförmige, also im Verhältnis zur Breite sehr kurze Späne auftreten (Abb. 23). Ob sich dabei noch die drei im wesentlichen in Frage kommenden Arten unterscheiden lassen, müßte erst an einer größeren Zahl von Fraßproben geprüft werden. Die Fraßgänge sind verhältnismäßig locker gefüllt, ihr Inhalt ist leicht zu entfernen.



Abb. 30. Fraßganginhalt von *Leptura rubra* L.
Aufnahme: G. BECKER, Materialprüfungsamt
Berlin-Dahlem

Alle übrigen unter der Rinde, vor allem saftfrischer Rinde, fressenden Bockkäfer enthalten in ihrem „Bohrmehl“ vorwiegend grobe, mehr oder weniger lange Späne (vgl. die Abb. 26—30), die zusammen mit feinerem Nagsel fest zusammengepreßt, aber leicht in zusammenhängenden Stücken aus den Gängen zu entfernen sind. Unter den im Holzinne lebenden Larven pflegt der Ganginhalt aus Spänen, Kot und vor allem auch feinem Mehl bei *Ergates*, *Leptura*, zum Teil auch bei *Spondylis* zwar zusammen zu haften, aber verhältnismäßig locker zu sein. Das Bohrmehl von *Criocephalus*, *Asemum* und anderen Arten dagegen ist insbesondere bei Fraß in sehr feuchtem Holz oft außerordentlich fest geformt und hart. Bei allen diesen Feuchtholzarten reißen — wie gesagt — die Larven ständig viel grobe, lange Späne ab. Die im Holz befindlichen Gänge von *Monochamus galloprovincialis* enthalten sogar stellenweise nur verhältnismäßig lange Späne. Auf deren Form bei den einzelnen Arten näher einzugehen, würde jedoch in der vorliegenden, kurzen Zu-

sammenstellung zu weit führen, zumal, da die Artbestimmung an Hand dieses Merkmales hier doch nicht stets eindeutig und einfach ist.

7. Alter und Beschaffenheit des befallenen Holzes

Alter, Vorhandensein von Rinde, Feuchtigkeit und Zerstörungsgrad durch holzerstörende Pilze bedingen in bestimmtem Maß die Entwicklungsmöglichkeiten zahlreicher Insektenarten und sind daher bei einer Fraßbestimmung zweckmäßigerweise zu beachten.

Für verschiedene Arten wurde bereits an früherer Stelle betont, daß sie sich nur in frisches Holz einbohren oder ihre Eier daran ablegen. Allerdings läßt sich bei gealtertem Holz der Zeitpunkt des Fraßes oft nicht mehr eindeutig festlegen.

Von den genannten Bockkäfern befallen alle außer *Hylotrupes*, *Ergates*, *Leptura rubra* und *Spondylis* nur ganz oder teilweise berindetes Holz; bei einer Reihe von ihnen kann aber die Rinde später fehlen, nachdem die Larven, wie erwähnt, in das Holz eingedrungen sind. Die *Tetropium*- und die *Monochamus*-Arten sind dabei mehr (T.) oder weniger (M.) an frische Stämme gebunden. In ständig lufttrockenem Holz kann sich auf die Dauer nur *Hylotrupes* entwickeln, bis zu einem gewissen Grade auch *Callidium* und *Phymatodes*. Die anderen, z. B. *Criocephalus* und *Asemum*, können jedoch als Larven im Bauholz an trockene Stellen, etwa auf einen Dachstuhl gelangen und dort schlüpfen. Auch *Rhagium bifasciatum* und sogar *Harpium inquisitor* hat H. WEIDNER (1936) in Dachbalken gefunden; in regennassem Dachverbandholz unter zerstörter Dachhaut kann sich selbst *Ergates* entwickeln. Dabei handelt es sich jedoch stets um Ausnahmen unter besonderen Verhältnissen. *Ergates*, *Leptura*, *Spondylis* und *Rhagium bifasciatum* werden vorzugsweise in der Erdluftzone der im freien verbauten Hölzer schädlich.

Fluglöcher des Hausbockkäfers können besonders im Freien frühestens 3 Jahre nach der Fällung vorhanden sein, erscheinen im allgemeinen aber erst später. Das ist bei der stets sehr wichtigen Frage, ob ein Hausbockbefall vorliegt, zu beachten.

Stärkerer Fraß von *Ergates*, *Leptura* und insbesondere *Spondylis* pflegt infolge der dabei herrschenden Feuchtigkeitsverhältnisse gemeinsam mit Befall durch holzerstörende Pilze aufzutreten. Eine sehr deutliche Bevorzugung oder ausschließliche Besiedlung pilzbefallener Hölzer ist ferner bei *Xestobium*, *Dendrobium*, *Tripopithys* sowie auch bei den Rüsselkäfern sehr deutlich, die man ganz selten in gesundem Holz findet. Darauf ist bisher im Schrifttum viel zu wenig oder gar nicht hingewiesen worden. Die Rüsselkäfer haben offenbar ein besonders hohes Feuchtigkeitsbedürfnis. *Nacerda* schließlich lebt ausschließlich in Hölzern, die regelmäßig sehr stark durchfeuchtet, z. B. auch von Meer- oder Brackwasser oft überspült werden.

Ausnahmen (außer den erwähnten) gibt es von allen diesen genannten Regeln aus verschiedenen Gründen; daher ist hier vorsichtige Beurteilung zweckmäßig und wurden die eben erörterten Merkmale an letzter Stelle genannt.

IV. Kurze Beschreibung des Fraßbildes der wichtigsten Arten

1. Hausbockkäfer

Fluglöcher eiförmig, $\sim 2 \dots 4 \text{ mm} \times \sim 5 \dots 11 \text{ mm}$, mit scharfkantigem, im Innern von Gebäuden mit unregelmäßig ausgefranstem Rand. Fraßgänge im Splintholz, Rinde ganz, Kernholz weitgehend, Reifholz deutlich gemieden, rindennahes Splintholz ausgesprochen bevorzugt. Lange gewundene, unter der Bastschicht zum Teil platzartig erweiterte Gänge mit eiförmigem Querschnitt bis zu $\sim 4 \times \sim 10 \text{ mm}$; Holz infolge des Befalls mehrerer Käfergenerationen nacheinander oft sehr stark zerfressen; Gangwände bei trockenem Holz mit feinen Rillen versehen; Gänge fest mit holzfarbenem Kot und feinem Nagemehl angefüllt. Kot walzenförmig, gleichmäßig geformt, mit glatter Oberfläche, bis $\sim 1 \times \sim 0,6 \text{ mm}$, deutlich erkennbar, nicht zusammengeklebt; vermischt mit sehr viel feinem Nagemehl. Grobe Späne im allgemeinen nur in Nähe der Puppenwiegen, Bohrmehl fest abgelagert, beim Aufspalten trockenen Holzes stark stäubend. Befall in lufttrockenem bis feuchtem, gesundem, aber auch in pilzbefallenem Holz verschiedenen Alters; jüngeres Holz (2 bis ~ 30 Jahre nach dem Fällen) bevorzugt; ausschließlich Nadelholzarten werden befallen.

2. Anobien (*Anobium punctatum* De Geer)

Fluglöcher kreisförmig, $0,7 \dots 3,3 \text{ mm } \bigcirc$. Fraßgänge im Splintholz, Rinde und Kernholz meist gemieden. Gänge ausgedehnt mit unregelmäßigem Verlauf, bei Nadelholz den Jahrringen folgend; kreisförmiger Querschnitt bis $\sim 3 \text{ mm}$. Die Gänge sind mit Kot und verhältnismäßig wenig feinem Nagemehl locker angefüllt; das Bohrmehl fällt beim Spalten leicht und ohne Stäuben heraus. Kot annähernd eiförmig, eines oder beide Enden etwas spitz ausgezogen, bis $\sim 0,8 \times \sim 0,4 \text{ mm}$, nicht zusammenklebend. Größere Spänchen fehlen auch in Nähe der Puppenwiegen. Befall in lufttrockenem bis feuchtem, gesundem (aber auch pilzbefallenem) Holz verschiedenen Alters; Nadel- und Laubholz.

V. Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung von ungefähr 50 Insektenarten werden für die Bestimmung von Fraßschäden an Nadelholz bei Beschränkung auf das Zerstörungsbild (ohne Heranziehung der Schädlinge oder ihrer Körperreste) kennzeichnende Merkmale und Unterschiede beschrieben. Anhangsweise sind kurz die Fraßbilder der beiden wichtigsten Schädlinge dargestellt. Umfang und Art der Einzelbeschreibungen lassen eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse nicht zu.

VI. Schrifttum

(Die folgende Zusammenstellung enthält nur die in diesem Zusammenhang am wichtigsten erscheinenden Arbeiten, kann aber nicht sämtliche Fraßbildbeschreibungen holzerstörender Insekten berücksichtigen.)

- BECKER, G., Beobachtungen über Schädlichkeit, Fraß und Entwicklungsdauer von *Anobium punctatum* De Geer („Totenuhr“). Z. Pflanzenkrankh. 50, 159—172 (1940).
- — Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven. Z. vergl. Physiol. 29, 315—388 (1942).
- — Ökologische und physiologische Untersuchungen über die holzerstörenden Larven von *Anobium punctatum* De Geer. Z. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 39, 98—152 (1942).
- — Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis des Mulmbockkäfers (*Ergates faber* L.). Z. angew. Entomol. 29, 1—30 (1942) und 30, 263—296 (1943).
- — Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven. Elektrotechnik 2, 248—250 (1948).
- BLAIR, N. G., Larvae of *Nacerda melanura* L. in piles of pitch pine. Proc. Ent. Soc. London 10 (1935).
- ECKSTEIN, K., Zerstörung des Holzes durch Tiere. In: Mahlke-Troschel, Handbuch der Holzkonservierung, 2. Aufl., 105—148. Berlin, J. Springer, 1928.
- — Der Hausbock, *Hylotrupes bajulus* L. Vedag-Buch 8, 60—87 (1935).
- — Exkremente und Bohrmehl forstschädlicher Insekten. Verhandl. VII. Intern. Kongr. f. Entomol. Berlin 1938, 3. 1930—1940, Taf. 208—212 (1939).
- — Das Bohrmehl der Anobien. Forstarchiv 15, 268—271 (1940).
- EDMANN, H., Der Speckkäfer *Dermestes lardarius* L.) als Holzzerstörer. Anz. f. Schädlingskde. 11, 43—45 (1935).
- ESCHERICH, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas II. und V. Bd. Berlin, P. Parey, 1923 und 1942.
- HEIDENREICH, E., Der Hausbockkäfer. Erkennung und Bekämpfung unter Berücksichtigung anderer tierischer Holzschädlinge. Eberswalde-Berlin, R. Müller, 1939.
- KEMNER, N. A., De ekonomiskt viktiga vednagande Anobierna. Medd. Nr. 108 från Centralanst. f. försöksväsendet på jordbruksomradet. Entomol. Avd. 19, 1—45 (1915).
- KEMPER, H., Die Spuren der Gesundheits- und Wohnungsschädlinge in ihrer Bedeutung für Schädlingskunde und Schädlingsbekämpfung. Z. hyg. Zoologie Beih. 1, 1941.
- KOCH, R., Bestimmungstabellen der Insekten an Fichte und Tanne nach den Fraßbeschädigungen. 2. Aufl. Berlin, P. Parey, 1928.
- — Bestimmungstabellen der Insekten an Kiefer und Lärche nach den Fraßbeschädigungen. 2. Aufl. Berlin, P. Parey, 1932.
- KÖNIG, E., Tierische Holzschädlinge. Der Rothalsbockkäfer. Holz-Zentralblatt 69, Nr. 31, 193 (1943).
- KUNICKE, G., Holzerstörende Bienen. Mitt. Ges. Vorratsschutz 5, 60 (1929).
- MADEL, W., Speckkäferlarven als Zerstörer von Holz- und Mauerwerk. Anz. f. Schädlingskde. 14, 93—95 (1938).
- — Schädlinge im Bauholz. Berlin, Elsner, 1939.
- — Der Halsgrubenbock als Bauholzschädling. Der Bautenschutz 100—104, 1940.
- NÜSSLIN, O., u. RHUMBLER, L., Forstinsektenkunde. 4. Aufl. Berlin, P. Parey, 1927.
- PERRIS, Historio des insects du pin maritime. Annal. Soc. entom. France 173—257 (1856).

- PRELL, H., Bemerkungen zur Biologie der einheimischen *Rhagium*-Arten. Z. wiss. Ins. Biol. 22, 1—7 (1927).
- SCHIMITSCHEK, E., *Clytus lama* Muls. (Cerambycidae), ein bis jetzt wenig beachteter technischer Schädling an Nadelhölzern. Centralbl. f. d. g. Forstwes. 54, 18—26 (1928).
- — *Tetropium Gabrieli* Weise und *Tetropium fuscum* F.: Ein Beitrag zu ihrer Lebensgeschichte und Lebensgemeinschaft. Z. angew. Entomol. 15, 229—334 (1929).
- — Forstschädlingaufreten in Österreich 1927—1933. Centralbl. f. d. g. Forstwes. 61, 134—150, 165—177, 208—221 (1935).
- SCHUCH, K., Experimentelle Untersuchungen über den Nahrungswert von Kiefern- und Fichtenholz für die Larven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus* L.). Z. f. Pflanzenkrankh. 47, 572—582 (1937).
- SCHWARZ, L., Erhebliche Holzerstörung durch Speckkäfer. Anz. f. Schädlingsskde. 12, 46—47 (1936).
- TRÄGÅRDH, I., Sveriges Skogsinsekter. Stockholm 1929.
- — De virkesförstörande insekternas skadegörelse i vara byggnader och medlen att förebygga densamma. Kungl. Landbruksakademiens Tidskrift 78, 511—526, 1939.
- — Neue Beobachtungen über den Schusterbock (*Monochamus sutor* L.) in Schweden. Z. angew. Entomol. 27, 142—149 (1940).
- WEIDNER, H., Wie kann man Hausbockbefall und von anderen Holzinsekten herührende Beschädigungen des Bauholzes unterscheiden? Nachrichtenbl. f. d. Stat. Pflanzenschutzdienst 16, 48—50 (1936).
- — Bestimmungstabellen der Vorratsschädlinge und des Hausungeziefers Mitteleuropas. Jena, G. Fischer, 1937.
- — Vorrats- und Materialschädlinge in der Insektenwelt, mit besonderer Berücksichtigung der Holzschädlinge. Berlin 1940.
- WOLFF, M., Lagerschädlinge. Reichsfachverbandbl. dtsh. Stellmacher-, Wagner- u. Karosseriehandwerk 25, Nr. 18 (1938).
- — Grundzüge der Hausbockbekämpfung. Ztrbl. Bauverwaltg. 61, 368—372 (1941).
- ZACHER, F., Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung. Berlin, P. Parey, 1927.
- ZWÖLFER, W., Der kleine Wespenbock, *Caenoptera minor* L., als Gerbrinden-schädling. Anz. Schädlingsskde. 12, 7—10 (1936).

*Aus dem Bernhard-Nocht-Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten
Hamburg. Direktor: Prof. Dr. E. G. Nauck
Entomologische Abteilung — Leiter: Doz. Dr. F. Weyer*

Neuere Untersuchungen über die Verbreitung von *Anopheles maculipennis* in Hamburg

Von

HANS-JOACHIM HEINZ

Mit 4 Abbildungen

A. Einleitung. — B. Methodik. — C. Fangergebnisse. (A) Larven. 1. Tabellarische Aufstellung der Larvenfangplätze. 2. Relative Bedeutung der Brutplätze. 3. Beschaffenheit der Brutplätze. (B) Imagines. — D. Jahreszyklus und Generationswechsel. — E. Besprechung und Auswertung. — F. Zusammenfassung. — G. Schrifttum.

A. Einleitung

Autochthone Malaria ist in Deutschland seit Jahrhunderten bekannt. Ihre Verbreitung ist abhängig von der Wechselwirkung folgender Faktoren, 1. vom Vorkommen der übertragenden *Anopheles*-Mücken, 2. von der Zahl der Gametenträger in der Bevölkerung und 3. vom Klima. Viele Teile Deutschlands sind heute malariafrei, obwohl das „Sumpffieber“ noch vor einigen Jahrzehnten auch dort tatsächlich verbreitet war. Dabei sind aber die Anophelen dort nicht ausgestorben („*Anopheles sine malaria*“). Eine ausreichende Erklärung für das Schwinden der Malaria ist bis heute noch nicht gegeben worden. In jüngster Zeit häufen sich Meldungen über Malariafälle aus verschiedenen Gebieten Deutschlands, die bisher als malariafrei galten, z. B. Berlin, Schleswig-Holstein, Niedersachsen. Diese Fälle sind durch die Kriegs- und Nachkriegsereignisse eingeschleppt und haben sich hier weiter verbreitet.

Jede Malaria lenkt zuerst die Aufmerksamkeit auf die lokale Mückenlage und wir finden in der Tat, daß die Malaria sich nur dort hält oder weiterverbreitet, wo sich ausgedehnte Mückenbrutplätze den ganzen Sommer hindurch halten können. Im allgemeinen handelt es sich um Flußniederungen mit ausgedehnten Altwässern und um Gebiete, die man in Norddeutschland als „Marsch“ im Gegensatz zur „Geest“ bezeichnet. Malaria und Malaria-mücken sind nun nicht nur in Deutschland, sondern auch in Holland von den verschiedensten Gesichtspunkten aus eingehend untersucht worden. Um so überraschender ist es, daß Unterlagen über die Mückenlage in

Großstädten fast völlig fehlen. Die letzte Untersuchung über die Verbreitung der Fiebertücke im Hamburger Gebiet wurde von MARTINI nach dem ersten Weltkrieg im Jahre 1920 unternommen. Auch diese Studien wurden angeregt durch die Nachkriegsverhältnisse, da man schon damals erkannte, daß mit den Heimkehrern zahlreiche neue Gameten-träger unter die Hamburger Bevölkerung kommen würden. MARTINI konnte sein Vorhaben aber nur in beschränktem Rahmen durchführen und hat sich mit Untersuchungen über das Vorkommen und die relative Häufigkeit der erwachsenen Anophelen begnügt. Über Brutplätze sind in seiner Arbeit keinerlei Auskünfte gegeben, erst recht nicht über Larvendichte. Da *A. maculipennis* damals noch einheitlich als Art und noch nicht als Komplex erkannt war, sind aus dieser Arbeit auch noch keine Angaben über die Verteilung der Arten oder sogenannten Rassen der *maculipennis*-Gruppe¹⁾ zu entnehmen. Außerdem beschränken sich seine Untersuchungen auf die Randgebiete der Stadt, also auf die ländlichen Bezirke.

Angeregt durch die Zahl der Malariaerkrankungen in Berlin und Schleswig-Holstein sowie auch durch das Auftreten von Malariafällen in Hamburg schien es lohnend, ähnliche Untersuchungen in Hamburg vorzunehmen wie sie in Berlin von KIRCHBERGER usw. durchgeführt wurden. Die Berichte aus Berlin, die uns leider nur durch mündliche Mitteilungen bekannt sind, lassen die Vermutung entstehen, daß der Krieg völlig neue Brutplatzverhältnisse für die Anophelen geschaffen hat. Es wird darüber hinaus sogar der Eindruck erweckt, daß sich eine gewisse Wandlung in der Brutbiologie von *Anopheles maculipennis* vollzogen hätte. Durch die ausgedehnten Zerstörungen soll in dieser Stadt aus fast jedem Bombentrichter und jeder kleinen Wasseransammlung, in der *Anopheles maculipennis* normalerweise nicht zu brüten pflegt, ein produktiver Mückenbrutplatz entstanden sein.

Es wird bereits von WEYER (1939) hervorgehoben, daß Verschiebungen in der Stärke und Zusammensetzung von Populationen möglich erscheinen. In dieser Arbeit werden Naturereignisse (Überschwemmungen) für solche Verschiebungen verantwortlich gemacht. Inwieweit die Folgezustände des Krieges in der gleichen Richtung wirken können, wissen wir noch nicht. Es ist ja auch bekannt, daß die bei uns heimischen Mücken in anderen Gegenden völlig andere Brutgewohnheiten besitzen. *Anopheles bifurcatus*, der bei uns als Mücke des freien Geländes, besonders der waldigen Gegenden angesprochen werden kann, ist z. B. in Palästina eine Stadtmücke und ein Zisternenbrüter. Hier handelt es sich

¹⁾ Obwohl der *maculipennis*-Komplex zuerst in Rassen aufgeteilt wurde, von denen die Formen *atroparvus*, *messeae* und *typicus* in Deutschland vorkommen, erkannten verschiedene Autoren, besonders BATES, daß es sich um gute Arten handelt. BATES (1940) hat daraufhin eine neue Nomenklatur für diese „Rassen“ vorgeschlagen. Obwohl ich mich seiner Meinung anschließe, behalte ich der Verständlichkeit halber in der vorliegenden Arbeit die bis jetzt gebräuchlichen Namen *atroparvus*, *messeae* und *typicus* noch bei.

um einen geographischen Brutplatzwechsel, der aber wahrscheinlich nicht bedeutet, daß die Ansprüche der Art grundsätzlich gewechselt haben.

Ein Nachprüfen dieser Verhältnisse in Hamburg schien jedenfalls erwünscht. Nach den mir zugegangenen Berichten sind in Berlin allerdings nur qualitative und nicht quantitative Untersuchungen gemacht worden. Die Zahl der vorhandenen Anophelen ist aber von ausschlaggebender Bedeutung für die Malariaepidemiologie, darüber hinaus auch die Verteilung der Arten der *maculipennis*-Gruppe oder der sogenannten Rassen.

Wir haben es uns darum zur Aufgabe gemacht, die Art der *Anopheles*-Brutplätze, ihre qualitative und quantitative Besetzung in Hamburg zu untersuchen. Dabei wurde auch der jahreszeitliche Wechsel der Besetzung berücksichtigt. Bei den Imagines interessierte besonders, wo sie ihre Blutmahlzeit halten, ob sie auch im Weichbild der Stadt überwintern oder jährlich von der Peripherie neu zufliegen. Die folgenden Ausführungen sollen diese Fragen zu beantworten versuchen. Daß hierbei eine Reihe neuer Fragen auftauchen, ist selbstverständlich. Diese könnten erst in späteren Jahren in einer notwendigen Nachuntersuchung des von mir durchstreiften Gebietes geklärt werden.

B. Methodik

Zunächst war es erforderlich, das zur Untersuchung vorgesehene engere Stadtgebiet Hamburgs kartennäßig festzulegen. Dabei wurde berücksichtigt, daß im Rahmen dieser Arbeit nur die engeren Stadtbezirke und weniger die zahlreichen eingemeindeten Landkreise von Interesse sind. Der Umfang der Untersuchung mußte auch innerhalb der Größe bleiben, die von einem Einzelnen in einem Sommer mit genügender Gründlichkeit bewältigt werden kann.

Mit dem Tropeninstitut als ungefähren Mittelpunkt schlugen wir daher einen Kreis mit einem Radius von etwa 15 km. Hierdurch waren alle stark bevölkerten Stadtteile erfaßt. Ausgeschlossen blieben jedoch Finkenwärder und der Freihafen.

An Hand einer guten Karte (1:20 000 konnte zunächst ein Eindruck über die Verteilung der möglichen Larvenbrutplätze gewonnen werden. Durch systematisches Absuchen erfuhr dieser Eindruck meist eine Bestätigung. Teiche, Tümpel, Bombentrichter, Wasserlöcher, Löschteiche usw. haben wir, wenn sie einzeln vorkamen, alle untersucht. Wenn mehrere Wasserlöcher in ganz engem Raum lagen, erübrigte es sich jedoch, in jeder Wasseransammlung besonders zu schöpfen, da sie als gleicher Biotop anzusprechen waren. Aus Wasserläufen haben wir in größeren Abständen Proben entnommen, um einen Überblick über die Verteilung der Anophelen über den Lauf des Gewässers zu gewinnen, soweit es im Bereich unseres Untersuchungsgebietes lag. Jeder Bach galt in der Bewertung jedoch nur als eine Brutstelle, auch wenn Larven an verschiedenen Teilen vorkamen.

Auch die Untersuchungen der Imagines mußten aus Zeitmangel in einem beschränkten Rahmen gehalten werden. Wir haben daher die Fundplätze so gewählt, daß sie möglichst nicht weiter als 3 km auseinander lagen.

In den ländlichen Bezirken der Großstadt war es nicht schwer, geeignete Ställe als Fundplätze für die Imagines zu finden. Dagegen stießen wir in der dicht besiedelten Innenstadt auf begreifliche Schwierigkeiten. Das Statistische Landesamt Hamburg ließ uns in zuvorkommender Weise in die Viehzähllisten Hamburgs Einsicht nehmen. So konnten die Viehhalter der einzelnen Bezirke ermittelt werden; zusätzlich konnten wir aber bereits eine Vorstellung über die Beschaffenheit des Stalles und über Art und Zahl der gehaltenen Stalltiere gewinnen.

Äußere Umstände gestatteten es erst Mitte Juni 1947 mit den Untersuchungen zu beginnen. Die Fahndung nach Larven dauerte bis Ende Juli. Der August wurde den erwachsenen Mücken gewidmet, mit Ausnahme der letzten Tage, die der Nachuntersuchung der Larvenbrutplätze dienten. Anfang September wurde, bis auf die Überwinterungsuntersuchungen, das Protokoll abgeschlossen.

Gefangen wurden die Larven mit der üblichen Schöpfmethode. Um beim Errechnen der Larvendichte eines Gewässers möglichst brauchbare Zahlen zu erhalten, wurde angestrebt, über eine angemessene Fläche verteilt bis zu 10 Kellen an jeder Untersuchungsstelle zu schöpfen. Uferwuchs, Einzäunungen von Grundstücken und sonstige Hindernisse machten es jedoch oft unmöglich, diese Zahl zu erreichen. Durch Zählung der Larven in jeder Kelle konnte der Durchschnitt je Kelle und somit die Zahl der Larven je Quadratmeter ganz grob errechnet werden.

Ausschlaggebend für die Beurteilung der Wichtigkeit eines Brutplatzes ist nicht die absolute Größe des Gewässers, sondern die Größe der bebrüteten Fläche, d. h. die Gesamtfläche der Algenwatten, Lemnabeete, Uferstrecken usw. Es war jedoch nur möglich, diese Zahl zu schätzen. Ein Vergleich der beiden soeben ermittelten Werte, d. h. der bebrüteten Fläche und Larvenzahl je Quadratmeter, ergab Aufschluß über den relativen Wert eines Gewässers als *Anopheles*-Brutplatz.

Zum Fang der erwachsenen Weibchen hat sich die am Tropeninstitut übliche Saugrohrmethode bewährt. Die Zahl der Mücken je Quadratmeter im Verhältnis zu der Größe des Stalles ergab Anhaltspunkte für die Dichte des Befalles in den Ställen. Um die Arten der *Anopheles maculipennis*-Gruppe zu bestimmen, ist es bekanntlich nötig, vollgesogene oder trüchtige Weibchen zu fangen und legen zu lassen. Die Eier haben wir nach WEYERS „Bestimmungsschlüssel für die *Anopheles*-Weibchen und -Larven in Europa, Nordafrika und Westindien“ bestimmt.

Trotz großer Vorsicht beim Einsetzen der Mücken in die Ablager war es nicht zu vermeiden, daß eine gewisse Zahl von Tieren noch vor Eiablage verunglückte und somit für die Statistik ausfiel. Auf diese Sterblichkeit werden wir später noch einmal zu sprechen kommen.

C. Fangergebnisse

(A) Larven

1. Tabellarische Zusammenstellung der geprüften Brutplätze

Tabelle 1

Übersicht der geprüften Brutplätze und Fangergebnisse
(Nähere Erklärungen im Text)

Bezirk	Fundplatz	Art des Brutplatzes (Gewässer)	Größe der bebrüteten Fläche (qm)	Larvenzahl je qm	Index
a) Unterlauf der Elbe					
St. Pauli	Planten u. Blumen	Becken	8	160	1 c
	"	Teich	600	20	3 a
Altona	Donnerspark	Bombentrichter	2	120	1 b
Ottensen	Haferweg	Teich	500	280	3 c
Flottbek	Ziegelei	"	400	13,3	3 a
Othmarschen	Friedrichstraße	"	500	240	3 c
	Paßenkamp	"	60	400	2 c
	Parkstraße	Fischteich	400	40	3 a
	Ernst August-Platz	Teich	100	1200	2 d
	" " "	"	100	1200	2 d

Bezirk	Fundplatz	Art des Brutplatzes (Gewässer)	Größe der bebrüteten Fläche (qm)	Larvenzahl je qm	Index
b) Geest, nord-westlich Hamburg					
Stellingen	Vogt-Köln-Straße	Löschteich	60	200	2 c
Eidelstedt	Schnackenburg-Allee	Bach	Breite 20 cm	200	2 c
Lokstedt	Osterfeldstraße	Gartenteich (<i>Culex</i>)	40	320	2 c
	Salmstraße Umgbg.	Bombentrichter	2	800	1 d
	die Kollau	Bach	Breite 20 cm	360	2 d
	Döhrnstraße	Bach (viele <i>Culex</i>)	" 40 "	80	2 b
	Kollaustraße	Graben	" 20 "	80	2 b
c) Bebautes Stadtgebiet westlich Alster					
Eimsbüttel	Park	Teich	100	600	4 c
	Weidenstraße	Kanal	30	40	2 a
Rothenbaum	Alte Rabenstraße	Löschteich	300	800 <i>Culex</i>	
d) Alstertal					
Eppendorf	Martinistraße	Teich	60	40	2 a
	Schröderspark	"	100	160	2 b
	"Mühlenteich"	Bach	mehr als 400	120	3 b
	Eppendorfer Moor	Tümpel	?	ca. 280	5 c
	Inselstraße	Alster Altwasser	?	280	5 c
Gr. Borstel	Brabantstraße	" "	1—8 Kanal	1000	5 d
	Skagerrakstraße	" "	1—10 Kanal	400	5 c
Ohlsdorf	Brombeerweg	Teich	10	40	1 a
	"	Gießbecken	1	80	1 b
	Friedhof	Teich	200	80	3 b
		"	200	360	3 c
		"	300	80	3 b
		"	100	40	2 a
		"	200	80	3 b
		"	2	13,3	1 a
		"	250	160	3 b
		"	30	20	2 a
	Umgebung Bahnhof	Alster Altwasser	500	400	3 c
	" "	Fluß	30	280	2 c
e) Stadtzentrum					
Klostertor	Repsoldstraße (eine Stelle)	Kanal	8	80	1 b
	Bankskanal (verein- zelte Stellen)	"	3	13,3	1 a
	Schleusenkanal	"	?	13,3	1 a
	Kammerkanal	"	?	13,3	1 a
St. Georg	Hauptbahnhof	Teich	30	80	2 b
f) Unzerstörtes Stadtgebiet östlich Alster					
Uhlenhorst	Kuhmühlenteich	Kanal	20	80	2 b
	Heinrich-Hertz-Str.	Teich	200	240	3 c
Barmbeck	Alter Teichweg	Kanal	800	440	3 c
	Habichtsplatz	Teich	15	800	2 d
	Bramfelderstraße	Bach	Breite 15 cm	200	2 c
	Schlanplatz	Teich	20	120	2 b
Winterhude	Bellevue	Kanal	100	520	2 c
	Blumenstraße (kleine Stellen)	"	?	13,3	1 a
	Rondeel	Teich	100	240	2 c
	Stadtmark	-	150	240	2 c

Bezirk	Fundplatz	Art der Brutplätze Gewässer	Größe der bebrüteten Fläche (qm)	Larvenzahl je qm	Index
g) Unbebautes Stadtgebiet im Nordosten von Hamburg					
Bramfeld	Bramfeldersee	See	Breite 1 m	200	
	Teichstraße	Teich	800	440	3 c
Farmsen	Swenland Ziegelei	"	600	120	3 b
	Kleingartenkolonie 1	"	400	1600	3 e
	" 2	"	1500	1600	5 e
	" 3	"	600	1400	3 e
	" 4	"	1500	480	5 c
	" 5	"	2	—	1 a
	" 6	"	2	—	1 a
	" 7	"	800	800	4 d
	" 8	"	200	400	3 c
	" 9	"	1000	80	4 b
Wandsbek	" 10	"	40	80	2 b
	Schiffbeck Schuttlöcher	"	500	280	3 c
	Tenfelder Moor	Teich u. Tümpel	?	600	5 c
	Nordmarkstraße	Bach	Breite 1,5 m	520	3 c
	Wandsbeker Gehölz 1	Teich	100	120	2 b
	" " 2	"	120	40	2 a
Horn	Marienanlage	"	120	200	2 b
	Am Husarendenkmal	Becken	6	40	1 a
	Bahndamm	Bombentrichter	4	600	1 c
	"	Graben	Breite 40 cm	120	2 b
	Brückenweg	"	" 1 m	1000	2 d
	Legienstraße	Bombentrichter	7	320	1 c
Eilbeck	Rennbahn	Teich	40	200	1 c
	die Eilbeck	Bach	Breite 10 cm	200	1 c
h) Zerstörter Stadtteil im Osten von Hamburg					
Hamm	Park	Teich	20	80	2 b
	Rückertsweg	Kanal	500	680	3 d
	Süderkanal	"	500	680	3 d
	Mittelkanal	"	500	680	3 d
Billw. Ausschl.	Billkanal (mögliche Stellen)	—	—	—	—
	Bille (nur kleine Stellen)	—	—	—	—
	Wasserwerk	Teich	1000	680	4 d
	Kaltehöfe	Filterbecken	820	680	4 d
	4 weitere Becken	je Filterbecken	820	680	4 d
Moorfleth		Teich	1000	120	4 b
	Andreas-Mayer-Str.	Graben	Breite 1 m	120	2 b
i) Marsch-Insel Wilhelmsburg					
Veddel	Brückenstraße links	Tümpel	40	400	2 c
	" rechts	"	500	400	3 c
Georgswärder	Obergeorgswärder	"			
	Deich	Graben u. Tümpel	70	200	2 c
	Obergeorgswärder				
	Deich	Brackwasser	Breite 1 m	80	2 b
	Obergeorgswärder				
	Deich	Wasserloch	3	2400	1 e
	Georgswärderwetterten	Graben	Breite 2 m	1400	3 e
	Sperlsweg	Teich	60	280	2 e
	Bullett Warren	Graben	Breite 1 m	280	2 c
	Jenerseitenwetterten	"	Breite 2 m	520	3 c

Bezirk	Fundplatz	Art der Brutplätze Gewässer	Größe der bebrüteten Fläche (qm)	Larvenzahl je qm	Index
	Bei der Windmühle	Teich	600	400	3 c
	Hohnartzdeich/ Bahndamm	Graben	Breite 2 m	520	3 c
	Siefenfelderweg 1	"	Breite 2,5 m	1200	3 d
	" 2	"	Breite 2 m	800	3 d
	" 3	"	Breite 1 m	1600	2 e
	Götjensortor Deich	Teich	20	120	2 b
	" "	Bombentrichter	5	440	1 c
	Einlagedeich	Graben	Breite 2 m	400	3 c
	Altenfelderweg	"	Breite 3 m	400	3 c
	Stillhorner Deich	Teich	500	200	3 c
	Am Fibenieck	Bombentrichter	15	680	2 d
	Brachstraße	Graben	Breite 2 m	520	3 c
Steinwärder	Hamburger Chaussee	"	Breite 2,5 m	360	3 c
	Hindenburgstraße	"	Breite 2 m	200	3 c
Wilhelmsburg	Parallelstraße	"	nur <i>Culex</i>		
	"	Bombentrichter	2	920	1 d
	König-Georgs-Teich	Teich	1500	400	5 c
	Kattwiek	Graben	Breite 1 m	1400	2 e
Moorwärder	Büderdeich	Teich	1000	520	4 c
	" Nord	Graben	Breite 1 m	1000	2 d
	" Einlagedeich	Teich	800	1000	4 d

2. Relative Bedeutung der Brutplätze

Die Brutplätze sind für die Beurteilung der *Anopheles*-Lage eines Gebietes von höchster Wichtigkeit. Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse derartiger Untersuchungen an den Hamburger Gewässern. Die Tabelle ist nach Buchstaben unterteilt, welche Stadtbezirke mit ähnlichem Charakter zusammenfassen. Diese Stadtteile reihen sich im Sinne des Uhrzeigers aneinander (Abb. 1). Eine solche Gruppierung nach landwirtschaftlichen Merkmalen läßt sich allerdings nicht streng durchführen.

Aus der dritten Spalte der Tabelle ist zu erkennen, daß in allen Gebieten die Größe der bebrüteten Fläche in den dort vorhandenen Wasserstellen außerordentlich verschieden ist. Sie schwankt zwischen 1 qm und mehr als 1500 qm. Bei den meisten Brutplätzen der Stadt (rund 77) handelt es sich um kleine Teiche mit bebrüteten Flächen zwischen 10 und 800 qm. Ähnliche Verhältnisse treffen wir auch auf dem Land, wie aus dem umfangreichen Schrifttum zu ersehen ist (SCHUBERG 1927, KLOSE und EISENTRAUT, 1942, EICHLER, 1944, MARTINI, 1946, WEYER, 1938, u. a. m.). Über 50 % aller Brutplätze fallen in diese Gruppe.

Zahlenmäßig an zweiter Stelle (24) stehen die kleinen Gräben, „Bracks“ und langsam fließende Bäche. Allerdings fanden wir den größten Teil dieser Gewässer auf der Insel Wilhelmsburg. Hier war es mir unmöglich, alle genauer zu erfassen. Im Gesamtgebiet nördlich der Elbe war dieser Typ dagegen nur mit einer Zahl von 10 vertreten.

An dritter Stelle folgt die Gruppe der kleinen und kleinsten Wasserlöcher, Bombentrichter, Fischbecken usw. (19). Da diese kleinen Wasser-

becken schwer zu ermitteln sind, wird ihre tatsächliche Zahl sicher wesentlich höher liegen.

Bebrütete Flächen von mehr als 800 qm sind verhältnismäßig selten, da mit einer solchen Größenzunahme auch die Gesamtwasserfläche wachsen muß. Eine derartige Flächenzunahme bringt es aber andererseits mit sich, daß der Wasserspiegel unruhig wird, und daß die zur Larvenentwicklung günstige Brutfläche wieder zurückgedrängt wird.

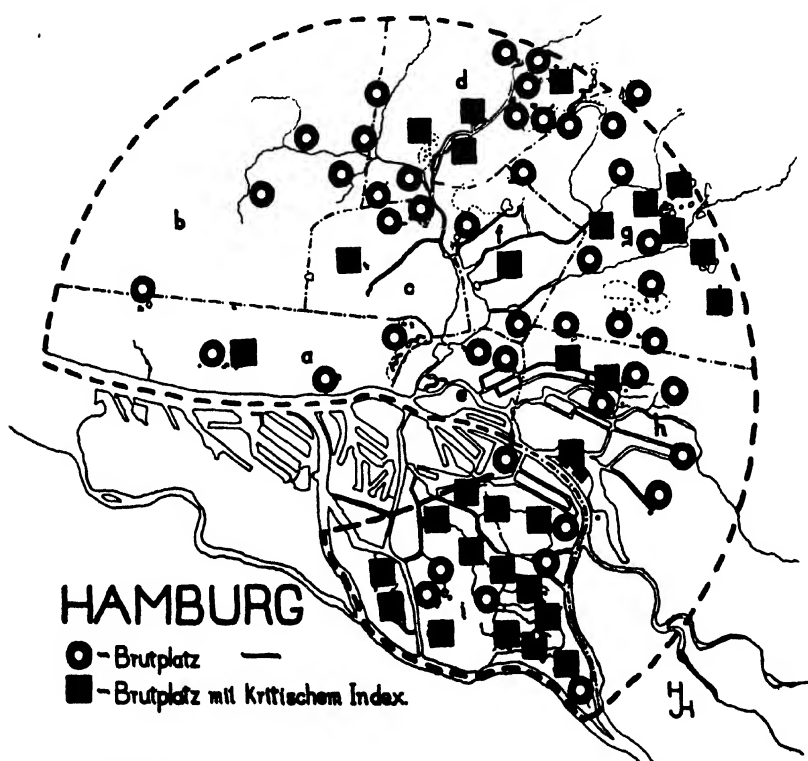


Abb. 1. *Anopheles*-Brutplätze von Hamburg. (Kritischer Index — Gesamtückenproduktion über 200 000)

Seeartige Gewässer bilden also auch in der Großstadt keine Mücken-gefahr. Es waren erwartungsgemäß daher weder an der Binnen- noch an der Außenalster Larven zu finden.

Die Größenangaben der bebrüteten Flächen sind natürlich nicht als konstante Zahlen anzusehen. Sie schwanken nicht nur von Jahr zu Jahr, sondern, wie die Nachuntersuchungen gezeigt haben, auch erheblich im Verlaufe eines Sommers. Das trifft besonders dann zu, wenn eine Niederschlagsarmut auftritt wie 1947. Es können sich dann verschiedene Entwicklungen bemerkbar machen, die von der Vegetation des Teiches abhängig sind.

Durch das langsame Eintrocknen verringert sich die Gesamtwassermasse und der Oberflächenspiegel fällt. Die seichten Uferstellen vergrößern sich. Das Wasser wird wärmer. Es können sich Algenwatten über viel größere Flächen ausbreiten als unter normalen Umständen. Somit kann beim Beginn des Eintrocknens die bebrütete Fläche wesentlich größer werden. Dieser Zustand schreitet so lange fort, bis die Wassermenge zu gering, die Temperatur zu hoch und die Lebensbedingungen für Algen und Larven zu ungünstig geworden sind. Dann kann der Teich als Brutplatz ausscheiden.

Befinden sich kleine *Lemna*-Polster auf dem Wasser, so kann sich ihr Wachstum durch die günstigen Wetterverhältnisse so steigern, daß die gesamte Oberfläche in Kürze zugewachsen ist. Somit scheidet auch dieser Teich als Brutplatz aus. Da mehrere städtische Teiche *Lemna* enthielten, konnten wir diesen Vorgang einige Male verfolgen. In Nienstedten und Blankenese waren verschiedene Teiche schon im Juli völlig zugewachsen. Zwei von den Ziegeleiteichen in Farmsen boten ein ähnliches Bild. Der Teich im Schröderspark ist ebenfalls im Laufe des Sommers stark verwachsen.

Eine Entwicklung, wie sie soeben für Teiche während eines trockenen Sommers geschildert wurde, kann aber auch in beschränktem Maße bei Wasserläufen stattfinden. *Lemna*-Verwachsungen finden besonders dann statt, wenn die Strömung durch Wassermangel so nachgelassen hat, daß sich diese Pflanze halten kann.

Die 4. Spalte der Tabelle 1 zeigt, daß im allgemeinen im Beobachtungsgebiet die Larvenzahl, also die Populationsdichte, mittlere Werte zwischen 40—600 je Quadratmeter aufweist. Je näher man zum Stadtzentrum kommt, desto geringer wird die Populationsdichte je Quadratmeter. Die Gewässer in der Innenstadt enthalten fast nie mehr als 40 Larven je Quadratmeter. Die stark befallenen Brutplätze liegen aber nicht nur südlich der Altstadt im Marschgebiet, sondern sie sind fast überall an der Peripherie zu finden. Wir fanden dicht bevölkerte Gewässer in Farmsen und in Othmarschen, im Alstertal und in Georgswärder. Die Gründe für diese Verteilung sind sicher, abgesehen von dem Vorkommen größerer und besser geeigneter Brutplätze, die guten Unterschlupfmöglichkeiten für die Imagines und das in größerer Menge vorhandene Vieh.

Um einen Brutplatz richtig beurteilen zu können, ist es, wie bereits anfangs erwähnt, unerlässlich, die bebrütete Fläche mit der Populationsdichte je Quadratmeter in Beziehung zu bringen. An Hand der in Spalte 4 und 5 (Tabelle 1) aufgeführten Zahlen ist es möglich, die absolute Mückenproduktion je Generation für jeden beliebigen Brutplatz grob zu berechnen. Da solche Zahlen aber im Vergleich unbequem sind, haben wir für jedes Gewässer einen Index berechnet. Aus Tabelle 2a ist ersichtlich, nach welchen Größen der Index gewählt wurde.

Tabelle 2a
Index-Berechnung

Fläche in qm	Index	Larvenzahl je qm	Index
I —	10 =	0 —	40 = a
II —	120 =	41 —	160 = b
121 —	800 =	161 —	600 = c
801 —	1200 =	601 —	1200 = d
1201 —	< =	1201 —	< = e
	5		

Tabelle 2b
Larvendichte nach Index berechnet *kursiv* = kritische Indices)

	a	b	c	d	e
1	0 — 400	1 600	6 000	12 000	< 12 000
2	4 800	19 200	72 000	144 000	< 144 000
3	32 000	128 000	480 000	960 000	< 960 000
4	48 000	192 000	720 000	1 440 000	< 1 440 000
5	< 48 000	< 192 000	< 720 000	< 1 440 000	< <

Wir sind uns darüber klar, daß es sich hier um sehr grobe Berechnungen mit zahlreichen Fehlerquellen handelt. Die bebrütete Fläche kann unter- oder überschätzt worden sein. Die Larvenverteilung kann stellenweise konzentriert sein („spotty“ Cambournac 1939). Die Zahl der Larven entspricht nicht der Zahl der später schlüpfenden Imagines, da ein großer Teil der ersten Stadien nicht zur Verpuppung kommt usw. Das sind aber Fehler, die für alle Berechnungen gelten konnten und einem relativen Vergleich nicht im Wege stehen. Daß die Gewässer in Deutschland unter Umständen große Massen von Mücken produzieren können, hat auch WEYER (1938) festgestellt.

Bekämpfungsmaßnahmen gegen eine Mückenplage können nur dann rationell angesetzt werden, wenn das oben erwähnte Verhältnis zwischen Populationsdichte und bebrüteter Fläche bekannt ist. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Brutplätze zu richten, die im Laufe des Sommers ungezählte Massen von Imagines produzieren. Das sind unserer Meinung nach diejenigen, welche je Generation mehr als 200 000 Imagines hervorbringen. In Tabelle 2 b sind es alle Indices über 5 b und 2 e die eine Produktion von 200 000 Imagines und darüber andeuten. Diese Indices sind als die kritischen anzusehen.

Im nordwestlichen Stadtgebiet (Tabelle 1 b) und im Stadtzentrum (Tabelle 1 e) wurden derartige Zahlen überhaupt nicht, im Stadtgebiet westlich (Tabelle 1 c) und östlich (Tabelle 1 f) der Alster und im Unterlauf der Elbe (Tabelle 1 a) kaum erreicht. Diese kritischen Indices sind dagegen keine Seltenheit im unbauten nordöstlichen Hamburg (Tabelle 1 g), im Alstertal (Tabelle 1 d), in den zerstörten östlichen Stadtteilen (Tabelle 1 h) und besonders auf der Insel Wilhelmsburg (Tabelle 1 i). Die Bedeutung der Marsch für die Malaria- und Anophelenplage ist ja seit altersher bekannt und unter anderem auch von MARTINI (1920) bereits untersucht worden. Er stellte fest, daß *Anopheles maculipennis* in der Marsch, an der Alster und Tarpenbeck häufig, auf der Geest dagegen selten ist. Sehr viele Anophelen fand er auch in Farmsen und Berne und in der Nähe der Ziegeleien.

Eine der wichtigsten Fragen, die bei all diesen theoretischen Erörterungen beantwortet werden muß, ist die, wieviele Menschen in einem beschränkten Raum einer bestimmten Zahl von Mücken ausgesetzt sind. In einer so stark zerstörten Stadt wie Hamburg, haben große Menschenverschiebungen stattgefunden. Größere Bevölkerungsmassen leben dicht zusammen, oft in Gebieten, die früher als unbewohnbar galten oder höchstens zum Wochenendaufenthalt dienten. Da sich Wochenendhäuschen meist in der Nähe einer Badeanstalt oder sonst eines Teiches oder Baches befanden, ist es nicht verwunderlich, besonders an solchen Stellen Siedlungen von Ausgebombten und Flüchtlingen zu finden. Solche Siedlungen haben oft eine beträchtliche Ausdehnung erlangt und sind nun zum Teil großen Massen von Anophelen ausgesetzt. Eine derartige Entwicklung hat besonders in Farmsen um die Ziegeleiteiche stattgefunden. Im Jenfelder Moor bietet sich ein ähnliches Bild. Hier kommt aber noch in viel größerem Maße die *Culex*-Plage zur Geltung als in Farmsen. Aber auch an den Altwässern im Alstertal ist die Lage nicht anders. Tabelle 3 gibt Auskunft über die Zahl der kritischen Indices jedes Stadtteiles, sowie über die jeweilige Bevölkerungszahl.

Tabelle 3

Bevölkerungsdichte einzelner Stadtteile und die Zahl der dort gefundenen Brutplätze mit kritischem Index. (Näheres im Text)

Stadtteil	Bevölkerungszahl	Zahl d. kritischen Indices
Unterlauf der Elbe	185 500	2
Bebautes Gebiet westlich der Alster	132 250	1
Unzerstörtes Gebiet östlich der Alster	158 900	3
Alstertal	137 900	6
Unbebautes Gebiet nordöstlich Hamburg	121 000	10
Insel Wilhelmsburg	56 000	18
Geest	40 300	0
Stadtzentrum	27 900	0
Zerstörtes Gebiet östliche Stadt	14 400	2

Man sieht, daß das Alstertal 137 900 Menschen und das unbebaute nordöstliche Stadtgebiet (mit Farmsen) 121 000 Menschen beherbergt. Die anderen mückenreichen Stadtteile, Wilhelmsburg und das zerstörte östliche Hamburg haben dagegen nur 56 000 bzw. 14 400 Bewohner. Die Stadtteile mit der größten Bevölkerungszahl besitzen nur ganz vereinzelte gefährliche Brutplätze. Hier ergeben sich unterschiedliche Verhältnisse zwischen Bevölkerungszahl und *Anopheles*-Ziffer, die für die Epidemiologie zweifellos von Bedeutung sind.

Die besonders befallenen Stadtteile sind aber nicht in ihrer ganzen Ausdehnung großen Mückenmassen ausgesetzt. Die wichtigen Brutplätze beschränken sich im wesentlichen auf ganz vereinzelte Bezirke. Im Alstertal handelt es sich nur um Alsterdorf und Eppendorf, im nordöstlichen Hamburg nur um Farmsen, Bramfeld und Wandsbek. Im Süden dagegen sind wohl alle Bezirke von Wilhelmsburg gleichmäßig befallen.

Zum Schluß noch einige Worte über das Verhältnis Geest und Marsch. Für unsere Zwecke genügt es, wenn wir den Begriff Geest nur für das westliche, nordwestliche und nördliche Hamburg (einschließlich Alstertal) anwenden. Es wurde bereits auf die Bedeutung der Marsch für die Anophelenplage hingewiesen. Auf der Geest sind, abgesehen vom Eimsbütteler Park, nennenswerte Brutplätze nur in Ottensen und Flottbek festzustellen. Das ganze nordöstliche Stadtgebiet ist sehr arm an Wasser und besonders an Brutgewässer. Selbst in Stellingen war es schwierig, geeignete Brutstellen zu finden, obwohl das Auffinden der Imagines in den Tierhäusern Hagenbecks keine besonderen Schwierigkeiten bot. Es liegt somit die Frage noch offen, wieviele Mücken aus der Umgebung, besonders von Finkenwärder her, in diese Gegend einfliegen oder durch den Wind eingetrieben werden.

3. Beschaffenheit der Brutplätze

Da wir uns vorwiegend mit den Stadtverhältnissen befaßt haben, müssen wir fragen, ob überhaupt ein grundlegender Unterschied zwischen Brutstellen der Stadt und des Landes besteht und, wenn ja, worin sich dieser Unterschied äußert. Wie sieht ein typischer „ländlicher“ Brutplatz etwa in Schleswig-Holstein oder Ostfriesland aus?

Hier findet man die Larven in kleinen Tümpeln, Viehtränken, stillen Buchten oder kleinen langsam fließenden Gräben. Diese besitzen einen „horizontalen“ Pflanzenwuchs, der zum größten Teil aus Algenwatten und nur wenig *Lemna* besteht. Das Wasser ist sauber, stark besonnt und nur stellenweise von Rohr und Schilf umrandet. Oft fehlt Rohr völlig. Handelt es sich um größere Teiche, so werden sich die Larven nur in ruhigen stark durchwachsenen kleinen Buchten finden. Kleine Gräben, „Bracks“ und „Wettern“, die durch ihre kurzen Grasbüschel die Larven gegen die Strömung schützen ohne die Sonnenstrahlen abzuhalten, sind ebenfalls beliebte Brutplätze. Abbildungen und Beschreibungen derartiger Brutplätze finden sich z. B. bei WEYER (1938).

Bis jetzt haben wir zwischen den bebauten und unbebauten Stadtgebieten unterschieden. Die Vermutung, daß wir entsprechend auch verschiedene Brutplatztypen unterscheiden können, gilt allerdings nicht immer. Es fragt sich daher, ob und wie sich der eine oder andere Stadtbrutplatz von einem „typischen“ Brutplatz unterscheidet.

Ob man Anophelengewässer in den bebauten oder den ländlichen Stadtteilen untersucht, man wird immer wieder ein ähnliches Bild finden. Handelt es sich um einen Teich, dann ist das Wasser an vielen Stellen von mehr oder weniger dichtem Schilf, *Phragmitis* und *Iris* L. sowie *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Ranunculus aquatilis* L. u. dgl. umrandet. Das offene Wasser dringt aber teilweise bis an das freie Ufer vor. Vor dem Iris- oder Schilfgürtel liegen Algenwatten oder auch Beete mit Froschlöffel (*Alisma*) und verstreuter *Lemna* L. Ich habe auch vereinzelt *Equisetum*halme gesehen. Diese werfen wenig Schatten und bieten den Larven guten Schutz. Häufig findet man, daß das Ufergras bis in das

Wasser vorstößt. Steht es nicht zu dicht, dann wird man auch hier Anophelen antreffen. Wasserläufe sind meist am Ufer von Schilf oder



Abb 2 Teich am Hauptbahnhof, *Anopheles*-Brutplatz

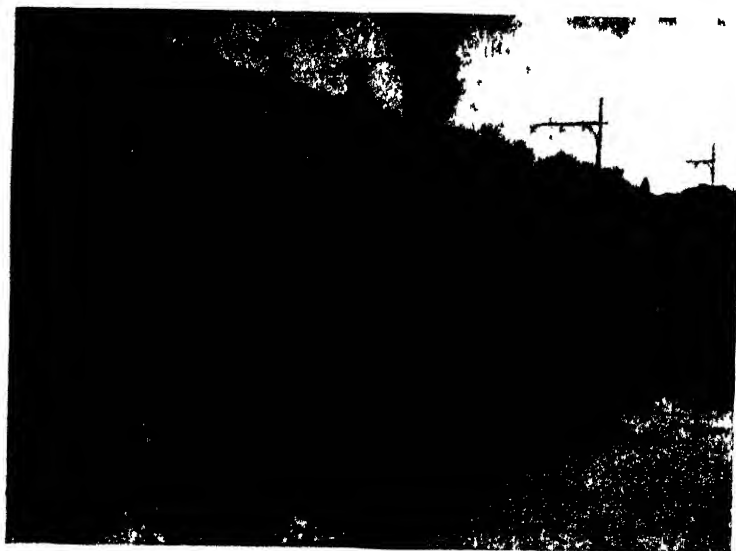


Abb 8. Osterbeekkanal, *Anopheles*-Brutplatz

größeren Graßbüscheln eingefast. Hinter diesen bilden sich immer wieder ruhige Winkel für die Larven. Gelegentlich sind diese kleinen Buchten so groß, daß sich Algenwatten darin entwickeln können. Meist

handelt es sich um *Spirogyra* und *Cladophora*. Es bietet sich also ein Bild, das wohl weitgehend mit den Brutplätzen echter Malariegebiete übereinstimmen kann. Selbst die Teiche am Hauptbahnhof (Abb. 2) und in „Planten und Blumen“ machen keine Ausnahme. Dennoch ist es möglich, für eine ganze Reihe von Brutplätzen der bebauten Stadtteile kleinere Unterschiede herauszuschälen. Da diese meist Schmuckteiche oder künstliche Wasserbecken darstellen, ist die Wasseroberfläche sehr oft weitgehend durch das Vorhandensein von Seerosen beruhigt. Das Vorkommen von Rohr ist im allgemeinen seltener als in den ländlichen Stadtgebieten. Viele Wasserbecken, Löschteiche usw. enthalten überhaupt keine „vertikale“ Vegetation, sondern nur „horizontale“. Diese war allerdings in jedem Fall vorhanden, auch dort, wo die vertikale Vegetation gänzlich fehlte. Das konnte man besonders schon an den Fleeten am Klostertor und am Osterbeckkanal (Abb. 3) beobachten. Typische Brutplätze sind die Alsteraltwasser (Skagerrak-, Brabant-, Inselkanal). Hier findet man sehr ausgedehnte Algenwatten, die fast die ganze freie Wasseroberfläche bedecken. Nur am Ufer wächst Schilf. Auch die Farmsener Teiche zeigen große Algenflächen, in denen sich die Masse der Brut hält. Etwas Vegetation war in jedem Brutplatz vorhanden. Nur ein Brutplatz enthielt keine Algen, nämlich ein kleines Becken von 1 qm Größe in einem Blumenbeet. Sonst muß das Vorhandensein von Algenwatten als eine Grundbedingung für Vorkommen von Anophelenbrut angesehen werden. Fehlt diese Voraussetzung, dann brütet an solchen Stellen höchstens *Culex*.

Von den Wasserläufen in den bebauten Stadtteilen ist nur wenig zu sagen. Ich fand öfters, besonders in der Wandse, daß sich die Larven in Algenwatten von *Hydrodictum* entwickelten. Oft sieht man, daß Büschel von *Elodea canadensis* Rich. oder *Valesneria* die Strömung derart verlangsamen, daß sich *Anopheles*-Larven darin aufhalten können. Durch die Trockenheit im Sommer wurden große Wasserstellen in der Wandse, Tarpenbeck usw. so weitgehend stillgelegt, daß sich massenhaft Algen entwickelten und sich das Bild eines stehenden Gewässers ergab.

Es ist häufig darauf hingewiesen worden, daß *Anopheles* in klarem, sauberen und sonnigen Wasser brütet. Das konnten wir auch weitgehend für die ländlichen Stadtbezirke bestätigen. Besonders auffällig war ein Fall in Wilhelmsburg. Hier lief ein kleiner Graben, der, nach dem Uferbewuchs zu urteilen, für *Anopheles* durchaus geeignet schien. Das Wasser war jedoch schmutzig und schien Abfallstoffe von stromaufwärts gelegenen Fabriken zu enthalten. Hier fanden wir keine einzige Larve, 1 1/2 m daneben lag ein Bombenrichter von Algen dicht durchwachsen, sonst aber mit einem ganz ähnlichen Uferbewuchs wie der Graben. Das Wasser, obwohl stark durchwärmt, war völlig klar. In diesem Wasserloch fanden wir nicht nur große Mengen von Larven, sondern auch zahlreiche natürliche Feinde.

In den bebauten Stadtteilen liegen die Verhältnisse oft gänzlich anders. Das Wasser ist stark verschmutzt. Das haben wir nicht nur in

den Fleeten, die ja schwache Brutplätze darstellen, sondern auch in den verschiedenen Kanälen (Osterbeck-, Goldbeckkanal, Wandse, Kuhmühlenteich usw.) und selbst in der Alster beobachtet. Im Marienthal im Wandsbeker Gehölz fanden wir Larven in einem Teich, der so verschmutzt war, daß wir es fast für überflüssig hielten, hier zu schöpfen. Wo die Alster in die Außenalster mündet, ließen sich trotz günstiger Brutbedingungen keine Larven finden. Durch die Alsterschiffe wird hier ständig ein Ölfilm auf das Wasser gelegt. Diese Ölschicht liegt auf dem Wasser vieler Kanäle. Sobald aber durch Brückeneinsturz oder sonstige Hindernisse die Schifffahrt beschränkt ist, wird das Wasser meist ölfrei. Dann kann man an solchen Stellen auch Larven finden.

Wenn wir soeben von schmutzigem Wasser sprachen, so handelte es sich um ausgesprochen trübes und gelegentlich sogar schwarzes Wasser. Wasser, das durch Euglenen oder andere Flagellaten grün erscheint, aber keine Algenwatten aufweist, enthält auch keine Larven.

Im bebauten Stadtgebiet findet man häufig Wasserlöcher, die als Schuttabladeplätze dienen und allein durch diese Tatsache ein Bild bieten, daß von dem eines typischen *Anopheles*-Brutplatzes völlig abweicht. Zwischen Dosen, Eisenstücken und sonstigem Unrat fängt man die Larven zum Teil in völlig braunen Algen. Solche Brutplätze sieht man in Lokstedt, in Bramfeld, in Hamm, im Mühlenteich Altona u. a. m.

Untersuchungen über Temperaturverhältnisse der Brutplätze wurden erst verhältnismäßig spät eingeleitet. Leider wurde dann auch nicht die unmittelbare Oberfläche gemessen, sondern die Temperatur in 10 cm Tiefe. Es wurden Temperaturen zwischen 15° und 21° ermittelt. Diese Temperaturen sind wahrscheinlich erheblich niedriger als die des reinen Oberflächenwassers. Bekanntlich entwickeln sich *Anopheles*-Larven in einem ziemlich breiten Temperaturbereich. Das Optimum liegt nach WARASI zwischen 20° und 26°, nach WEYER und HUNDERTMARK zwischen 26° und 30° und nach HECHT zwischen 22° und 29°. Konstante Unterschiede zwischen den Brutgewässern bebauter und unbebauter Stadtgebiete konnten wir nicht feststellen. Gelegentlich waren wir überrascht von den tiefen Temperaturen in Gräben bei Georgswärder. Hier waren, wahrscheinlich durch das hohe Grundwasser bedingt, Temperaturen von 18°—15° keine Seltenheit. Die Teiche in Farmsen zeigten eine Temperatur von 21°, ein völlig unbeschatteter Teich in der Marienanlage, Mariental, ergab 20,5°.

Wenn man nach umfangreichen Untersuchungen sämtliche Wasserstellen und potentielle Brutplätze vergleicht, dann kann man dieselben in vier Gruppen einteilen. Die erste Gruppe umfaßt alle natürlichen Gewässer, also solche, die mehr oder weniger unberührt schon seit Jahren vorhanden sind und eine Flora und Fauna aufweisen, wie man sie auch sonst auf dem Lande vorfinden kann. Wenn es sich um Teiche oder Gräben handelt, haben die Gewässer höchstwahrscheinlich schon immer Anophelen enthalten, vorausgesetzt, daß sie den Larven genügend Schutz gewähren. Derartige Brutplätze sind z. B. die Farmsener Teiche, das Eppendorfer Moor, die zahlreichen Teiche im Ohlsdorfer Friedhof und in Bramfeld, der Ententeich, im Stadtpark, alle Gräben und „Bracks“ auf der Insel Wilhelmsburg, das Jenfelder Moor usw. Der Teich am

Hauptbahnhof oder die Teiche in „Planten und Blumen“ lassen vermuten, daß auch hier schon immer Anophelen gebrütet haben.

Die zweite Gruppe umfaßt Gewässer, die ebenfalls schon jahrelang bestanden haben, also keine „Kriegsfolgen“ sind, die aber für irgendeinen wirtschaftlichen Zweck geschaffen wurden. Es sind dies z. B. die Kanäle, Fleete usw. Erst die Kriegseinwirkungen änderten ihren Charakter durch Einstellen der Schifffahrt, Verschüttung, Brückeneinsturz usw. Dadurch haben sich viele Stellen gebildet, die völlig ruhig liegen, vom Öl der Schiffe frei sind, und die auch nicht mehr gereinigt werden. So bildete sich eine Flora, die oft günstige Bedingungen für *Anopheles*-Larven bietet. Beispiele dafür sind der Osterbeckkanal beim Alten Teichweg (Abb. 3), der Kuhmühlenteich, Mittel- und Südkanal in Hamm, Nord-, Repsold-, Schleusen- und Kammerkanal in Kloster-
tor u. a. m.

In allen Parkanlagen der Stadt ist der Bevölkerung Gelegenheit gegeben worden, Kleingärten anzulegen. Das Gelände und auch die als Schmuckbecken gepflegten Teiche wurden der Verwahrlosung preisgegeben. Man hat sie nicht mehr entkrautet, so daß auch hier günstige Brutbedingungen für *Anopheles*-Larven entstanden. Auch solche Brutplätze gehören in die zweite Gruppe; Beispiele dafür sind die Teiche vor dem Eppendorfer Krankenhaus, an der Heinrich-Hertz-Straße, am Schlahn- und Habichtsplatz. Hierzu können wahrscheinlich auch die vier zur Zeit stillliegenden Filterbecken der Hamburger Wasserwerke auf Kalte-Hofe gerechnet werden.

Die dritte Gruppe umfaßt alle durch Kriegsumstände neu gebildeten Gewässer, die sich dann rasch durch Verkrautung zu günstigen Brutplätzen entwickelt haben. In diese Gruppe fallen aber nicht nur die vielen Bombentrichter, die sich mit Grundwasser gefüllt haben, sondern auch einzelne Löschteiche. Im allgemeinen fanden sich jedoch in Löschteichen nur *Culex*-Larven. Wenn sich allerdings eine Flora von Algen usw. entwickelt hatte, so konnte man auch mit Anophelen rechnen. Nicht zu Ende geführte Tiefbauarbeiten hatten sich mit Grundwasser gefüllt und bildeten dadurch ebenfalls Brutplätze. Beispiele sind die Bombentrichter rechts und links der Eisenbahnlinie nach Wilhelmsburg, ein Löschteich in Stellingen (Köln-Vogt-Straße) oder die Baustelle an der Brückenstraße auf der Veddel.

Schließlich kommt noch eine vierte Gruppe dazu; zahlreiche durch Kriegsumstände neu entstandene Wasserstellen, die aber überhaupt nicht oder bis jetzt noch nicht als Brutplatz geeignet sind. Bei weitem nicht alle Bombentrichter sind verkrautet und von Anophelen bevölkert. Viele Trichter stellen nur ein Schuttloch dar, Ablagestätten für Abfall mit völlig verschmutztem Wasser ohne jegliche Vegetation. Hierin wird man vergeblich nach Larven suchen. Ein ähnliches Bild bieten manche Löschteiche. Man findet hier höchstens *Culex*-Larven. Wir haben umsonst in den zahlreichen Regentonnen, Badewannen,

Becken usw., die man in der Nähe zerbombter Häuser oder Schrebergärten finden kann, nach Anophelen gefahndet, aber:

Fehlt die Vegetation, dann fehlen Anophelen.

Der Krieg hat also wohl eine Reihe von neuen Brutgewässern in Hamburg geschaffen. Es ist aber nicht zu einer Umstellung der Brutgewohnheiten der Anophelen gekommen, sondern nur zu einer Zunahme der Brutplätze.

(B) Imagines

Die Grenzen des Untersuchungsraumes für Imagines sind dieselben, wie sie bereits für die Larven angegeben wurden. Da die Untersuchungen erst Anfang August einsetzten, mußten wir uns in der uns noch zur Verfügung stehenden Zeit mit einem gröberen Übersichtsbild begnügen. Allerdings kann man diese Zeit als den Höhepunkt der Anophelendichte ansehen. Man ist bei derartigen Untersuchungen dem Zufall sehr stark ausgesetzt. Nicht jeder Stall, in dem die Mücken gefunden werden, zeigt die gleichen mikroklimatischen Verhältnisse. Die Zahl der in einem Stall gefangenen Mücken kann daher viel höher oder niedriger sein als im Nachbarstall. Ein falsches Bild von der artmäßigen Zusammensetzung der in einem Stall gefangenen Mücken kann auch dadurch entstehen, daß sich die Zahl der erhaltenen Gelege zugunsten der einen oder anderen *maculipennis*-Art verschiebt, weil bei weitem nicht alle Weibchen Eier gelegt haben. Nach HUNDERTMARK (1941) soll auch das Feuchtigkeitsoptimum bei *messeae* und *atroparvus* geringe Unterschiede aufweisen, so daß sich auch hierdurch Unterschiede in der Zusammensetzung der Populationen in den einzelnen Ställen ergeben können. In der Gesamtuntersuchung werden sich solche Zufälligkeiten aber zum Teil wieder ausgleichen.

Wir hatten bereits anfangs angedeutet, daß gewisse Schwierigkeiten mit dem Aufsuchen von geeigneten Ställen in der Großstadt verknüpft sind. Unter den heutigen Umständen ist es aber auch aus naheliegenden Gründen nicht immer möglich, trotz Ausrüstung mit Ausweisen, Zutritt zu den Ställen zu erhalten. So mußte mancher günstig erscheinende Stall übergangen werden.

Auf Tabelle 4 a sind die Ergebnisse der Untersuchungen bei erwachsenen Mücken zusammengestellt. Die Fangplätze sind, wie bei den Larven, ebenfalls nach neun großen Stadtgebieten eingeteilt. Jeder Bezirk auf der Tabelle entspricht meist einem Stall. Nur vereinzelt sind zwei Ställe in einem Ergebnis zusammengefaßt. Tabelle 5 enthält Angaben über die Tierhaltung sowie über die Mückendichte.

Der Stall gehört ja eigentlich nicht zum Bild der Großstadt. Daher sei zunächst etwas über die Beschaffenheit der „günstigen“ Ställe vorausgeschickt, um dann einen Großstadtstall charakterisieren zu können.

Es ist außerordentlich schwierig, einen günstigen Stall zu charakterisieren. Außer den „faßbaren“ Eigenschaften sind viele „nicht-

faßbare“, abgesehen von der mikroklimatischen Komponente, in einem Stall vertreten. So sagt WEYER (1940) über die Fundplätze in Ostfriesland u. a.:

„...sitzen die Mücken zum weitaus größten Teil im Stall... Im Vergleich dazu sind die Mücken in den von Menschen bewohnten Räumen in Ostfriesland recht selten. Der engere Aufenthaltsplatz der Mücken in den Stallungen ist nicht bekannt. Ebenso wenig, wie die Mücken auf einen Blutspender angewiesen sind, ebenso wenig sind sie an bestimmte Stalltypen gebunden. Es ist schwer, die bevorzugten Aufenthaltsplätze richtig zu charakterisieren. In dunklen, etwas feuchten Ställen oder Stallecken mit niedriger Holzdecke sind die Mücken häufiger zu finden als in trockenen, hellen und luftigen Räumen mit hoher gemauerter Decke“.

Tabelle 4a

Verteilung der *Anopheles*-Arten in Hamburg

a) Unterelbe . . .	25	18	6 (33)	11 (61)	1 (5,57)	—
St. Pauli . . .	—	—	1	1	—	—
Flottbeck . . .	—	—	2	4	—	—
Othmarschen . . .	—	—	3	6	1	—
b) Geest	46	17	7 (41)	3 (17,6)	7 (41)	—
Lokstedt	—	—	3 (42,8)	—	4 (57)	—
Stellingen	—	—	4 (40)	3 (30)	3 (30)	—
c) Bebaute Stadt westlich der Alster kein Ergebnis						
d) Alstertal . . .	75	33	21 (63,6)	6 (18)	1 (3)	5 (15)
Gr Borstel . . .	—	—	10 (52,6)	6 (31,5)	1	2
Fuhlsbüttel . . .	—	—	11 (78,5)	—	—	3
e) Stadtzentrum						
Klostertor . . .	5	1	1	—	—	—
f) Östl. Alster . .	23	10	7 (70)	—	3 (30)	—
Winterhude . . .	—	—	3 (75)	—	1	—
Stadtpark . . .	—	—	3	—	2	—
Barmbeck	—	—	1	—	—	—
g) Nordosten . .	151	64	49 (76,5)	7 (10,9)	8 (12,5)	—
Eilbeck	—	—	5 (62,5)	2 (25)	1	—
Farmsen	—	—	7 (77,7)	1	1	—
Bramfeld	—	—	14 (93)	—	1	—
Wandsbek	—	—	18 (78)	2	3 (13)	—
Hamm	—	—	5 (55)	2 (22)	2 (22)	—
h) Osten (zerstört)	19	11	7 (63,6)	1 (9)	2 (18)	1 (9)
Billw. Ausschl. .	—	—	—	—	—	—
i) Marsch						
(Wilhelmsburg) .	91	27	14 (51,8)	12 (44)	—	1
Wbg. Süd	—	—	2	3 (60)	—	—
Georgswärder . .	—	—	4	5 (50)	—	1
Veddel	—	—	2	4 (66)	—	—
Moorwärder . . .	—	—	6 (100)	—	—	—
Hamburg (gesamt) .	440	181 (41)	112 (61,8)	40 (22)	22 (12,1)	7 (3,8)

Tabelle 4b

Frühere Untersuchungen in Groß-Hamburg (WEYER 1938)

Stadtteil	Gesamtzahl isolierter Mücken	Zahl der Gelege %	mesaseae %	atroparvus %	typicus %	bifurcatus %
Langenhorn 1931. . .	—	—	—	5	—	—
Farmsen 1933. . .	—	—	25 (89,2)	2 (7,2)	1 (3,6)	1
Wohldorf 1931—1933	—	—	62 (59,6)	36 (34,6)	6 (5,8)	6
Reitbrook 1931—1936	—	—	117 (91,4)	10 (7,8)	1 (0,8)	—
Horst 1931.	—	—	—	45	—	1

Tabelle 5

Mückenfundplätze und Dichte des Befalls

Fundplatz	Stallart Besetzung mit Vieh	Dichte der Anophelen je qm
Fuhlsbüttel	Schafe	15
Farmsen	Kühe, Schweine	2
Bramfeld	Pferde, Schweine, Kühe	10
Stellingen	Zebu, Wasserbüffel, Schaf, Ziege	10
Billw. Ausschlag	Schaf	3
Wandsbek	Kuh, Pferd	30
Eilbek	Pferd, Schwein	6
Alsterdorf	Pferd, Kuh, Schaf, Schwein	6
Othmarschen	Schwein	4
Flottbeck	Schwein, Schaf, Kuh	2
Georgwärder	Schwein	30
Moorwärder	Schwein	20
Wilhelmsburg Süd	Schaf	10
Veddel	Schwein, Pferd	5 insgesamt
Altona	Schweine	keine Anophelen
Uhlenhorst	Pferde	2 im Stall
St. Pauli	Pferde	3
Klostertor	Schwein, Kuh, Pferd	7 im Stall
Hamm	Pferde	5
Gr. Borstel	Schwein, Rind, Pferd	50

Dieser Beschreibung eines „typischen“ Aufenthaltsortes hätten wir nur noch das ~~meist~~ sehr starke Vorkommen von Spinnweben an solchen Örtlichkeiten hinzuzufügen. An oder in ihnen sitzen die *Anopheles* besonders dicht. Schließlich gehören zum Bild eines günstigen Anophelenstalles noch die Wände, die etwas hygroskopisch und schon lange nicht mehr geweißt sind.

Die Ställe der ländlichen Stadtteile entsprechen dieser Beschreibung. Die Mücken wurden, wie aus der Tabelle zu sehen ist, in Rinder-, Schweine-, Pferde- und Schafställen gefangen. Da man in den ländlichen Gegenden eine größere Auswahl hat, wird man von vornherein bevorzugt die Ställe aufsuchen, die dem „günstigen“ Typus entsprechen.

In den bebauten Stadtteilen kann man nicht wählerisch sein, denn hier sind Stallungen nicht nur seltener, sondern auch schwerer zu finden. Die ganze Bauart der Stadt bringt es mit sich, daß die Ställe nicht alle für die Mücken wichtigen Voraussetzungen erfüllen können. Darüber hinaus handelt es sich meist um Pferdeställe. Sie sind oft

sauber, hoch, luftig, frisch geweißt oder nur zementiert. Brauereiställe, die meist große Zahlen von Pferden beherbergen, sind gewöhnlich in einem so mustergültigen Zustand, daß wir trotz gründlichem Suchen darin nie eine Mücke gefunden haben. Ähnliche Verhältnisse trafen wir in den Rennställen der Fernsener Rennbahn. Obwohl diese Ställe in unmittelbarer Nähe der umliegenden Brutgewässer lagen, konnten wir hier keine einzige Mücke entdecken. Gelegentlich findet man in der Stadt auch kleine Bretterschläge als Ziegen- oder Schafställe. Sie erwiesen sich als recht geeignete Fangplätze, da sie eine tiefe Decke und viele Winkel hatten, feucht und auch ziemlich dunkel waren. Sehr günstig sind auch die dunklen, feuchten und warmen Schweinemästereien, die selbst im Zentrum der Stadt und nicht nur in unmittelbarer Nähe der Brutgewässer Mücken beherbergen.

Es wird von Ostfriesland angegeben, daß Mücken sich erst dann in Schweineställen anreichern, wenn im Sommer die Kuhställe leer sind und das Vieh Tag und Nacht auf der Weide steht. Dies sei also eine scheinbare Bevorzugung der Schweineställe (WEYER, 1938, 1940). Wir haben jedoch wiederholt gefunden, daß sich die Anophelen in einem Stall, der außer Schweinen noch andere Tiere beherbergte, besonders über den Schweineboxen ansammelten; wir konnten geradezu eine graduelle Abnahme der Anophelendichte von den Schweinboxen über die Rinderstände bis zu den Pferdeverschlägen feststellen. Sind nur Pferde vorhanden, so können sich auch hier reichlich Mücken finden. Dies scheint uns ein schönes Beispiel für Bevorzugung gewisser mikroklimatischer Bedingungen zu sein.

Ein großer Stall im Bezirk Klostertor enthielt 2 Schweine, 1 Kuh, und 10 bis 12 Pferde. Über dem Schweinestall saßen 5 Mücken, über der Kuh 2 und über den Pferden nicht eine einzige.

In einem Schafstall in der Nähe des Stadtparks standen 1 Schaf und 1 Jungschwein. 3 Weibchen saßen über der Schafbox, 7 über der Schweinebox.

In Lokstedt waren in einem Stall 3 Kühe und mehrere Schweine untergebracht. Die Mehrzahl der gefangenen Mücken saß auch hier über den Schweinen.

Im Eilbecker Krankenhaus haben wir mehr als 15 Mücken bei den Schweinen gefunden, dagegen nur 2 oder 3 bei den Pferden.

In Groß-Borstel konnte ich im Schweinestall eine Dichte von 50, im Pferde-stall dagegen nur eine von 15 feststellen.

Wie bei den Larvenbrutplätzen, so muß man auch immer wieder bei den Ställen feststellen, daß gewisse äußerlich nicht erkennbare Bedingungen eine starke Anziehungskraft haben und somit ein als günstig zu bezeichnender Stall völlig anophelenfrei sein kann. In Alsterdorf suchten wir einen kleinen, dunklen und feuchten, mit Holz verschalten Schafstall vergeblich nach Mücken. Im Garten gegenüber stand ein ähnlicher Stall, der sich, wenn überhaupt, vom ersten nur durch seine etwas größere Durchlüftung unterschied. Darin saßen zahlreiche Mücken. In Wilhelmsburg fingen wir in einem Schweinestall nur 5 Tiere, obwohl er alle Eigenschaften eines günstigen Aufenthaltsplatzes für

Anopheles zu besitzen schien und dicht neben einem erst vor einer Woche ausgetrockneten Graben stand.

Tabelle 5 gibt auch Auskunft über die Anophelendichte in den einzelnen Ställen. Eine Beziehung zu den Brutplätzen läßt sich daraus nur bedingt ablesen. Wir erwähnten bereits, daß die Pferdeställe um Farmsen keine Mücken enthielten. Ob und wie stark Häuser und Wohnlauben befallen waren, konnten wir nicht feststellen. Möglicherweise haben wir die eigentlichen Aufenthaltsplätze für die Imagines hier nicht gefunden. Die Ergebnisse von Gr. Borstel und Fuhsbüttel entsprechen allerdings den Befunden in den Brutgewässern der Alsteraltwasser und des Eppendorfer Moores. Der starke Befall in Bramfeld ist auf die Ohlsdorfer Teiche, den Bramfelder See und den Mühlenteich zurückzuführen. Ähnliche Verhältnisse liegen in Othmarschen vor, wo die Teiche nicht weit entfernt lagen. Die Ergebnisse von Wilhelmsburg, Georgswärder und Moorwärder mit der Unzahl von Gräben als Brutplätze entsprechen ebenfalls den Erwartungen. Überraschend waren dagegen für uns die Befunde in Wandsbek; der geringen Larvendichte, die wir in der Wandse festgestellt haben, entspricht nicht der starke Befall im Stall. Wahrscheinlich handelt es sich hier wieder um einen Stall mit besonders günstigen mikroklimatischen Bedingungen. Bemerkenswert ist auch, daß wir mitten in der Innenstadt, wo man eine sehr große Verteilung der wenigen Mücken erwartete, in einem Stall im Bezirk Klostertor bei der Hauptpost, 7 Anophelen fanden. Es ist nicht zu entscheiden, ob diese Tiere aus den Fleeten oder dem Teich am Philosophenweg stammten. Die relativ zahlreichen Mücken, die wir im Stall des Untersuchungsgefängnisses Hamburg-St. Pauli feststellen konnten, kamen wahrscheinlich alle aus den Teichen in „Planten und Blumen“.

Ehe wir die Frage der Verteilung der *maculipennis*-Arten in Hamburg besprechen, sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Ergebnisse an verhältnismäßig wenigen Gelegen gesammelt wurden. Eiablagen konnten wir nur bei einer geringen Zahl der gefangenen Mücken erzielen. Die meisten gingen schon nach 2—3 Tagen ein, obwohl sie unter Bedingungen gehalten wurden, die sich zu anderen Zeiten bewährt hatten. Vielleicht ist hier die geminderet Widerstandskraft der Tiere auf die für viele Dipteren allgemein ungünstigen klimatischen Verhältnisse dieser Zeit zurückzuführen. Auffällig war, daß die Sterblichkeit mit anhaltender Trockenheit im August immer größeren Umfang annahm, so daß wir z. B. von den großen Fängen auf Wilhelmsburg nur sehr wenig Gelege erhielten. (Gefangen wurden auf Wilhelmsburg in jedem Stall fast 50 Tiere, davon sind aber bereits viele noch vor der Isolierung verendet.) Kollege Dr. LAVEN, der die gestorbenen Tiere untersuchte, stellte fest, daß von 12 Tieren 11 fast völlig entwickelte Eier besaßen. Fettspeicherung war noch nicht eingetreten. Eine andere, leider nicht genau protokollierte Beobachtung war das öftere Vorkommen von Gelegen, die selbst nach längerem Stehen sich nicht mehr auspigmentierten. Ob es sich hier um klimatische Einflüsse handelt, die diese Erscheinung hervorriefen, ist allerdings nicht nachgewiesen.

Wie aus der Tabelle 4a zu ersehen ist, herrscht in Hamburg *messeeae* mit 61,8 % vor, *atroparvus* steht an zweiter Stelle mit 22 %. *Typicus* (12,1 %) fanden wir noch häufiger als *Anopheles bifurcatus*

(3,8 %) Untersuchungen von WEYER (1938), die sich über den Großraum Hamburg erstrecken, zeigen ein ähnliches Bild (Tabelle 4 b), allerdings wird *typicus* als ein verhältnismäßig seltener Fund angegeben. Die Bestimmungen stammen aus den Jahren 1931—1936, heute liegen die Verhältnisse vielleicht anders. Auffällig ist die große Zahl von *typicus* in Stellingen und Lokstedt, die sicher nicht nur einen Zufallsbefund darstellen.

Von *A. bifurcatus* berichtet MARTINI (1920), daß er sie unter anderem häufig im Moorgebiet von Eppendorf, an den Borsteler Schießplätzen und beim Borsteler Jäger gefunden habe. Diese Feststellung konnten wir bestätigen. Darüber hinaus fanden wir *A. bifurcatus* vereinzelt in Georgswärder und Billw. Ausschlag.

Messeae ist in überwiegender Mehrheit in den Gebieten der Alster, Wandse, Osterbeck und Bille zu finden. Auf Moorwärder beherrscht sie das Bild völlig. *Atoparvus* ist dagegen nicht nur, wie zu erwarten, in der Marsch zahlreich, sondern auch auf der Geest in Gr. Flottbeck und Othmarschen zu finden.

Vereinzelte Untersuchungen, vorgenommen im Winter, ergaben, daß *Anopheles* auch im Stadtgebiet überwintert. Obwohl wir nicht die charakteristischen Massen ruhender Mücken vor Augen bekamen, fanden wir vereinzelte vollgesogene Weibchen in Pferde-, Rinder- und Schweineställen und auch ruhende Tiere an kühleren Stellen auf Heuböden. Die Mückendichte Hamburgs ist also nicht allein auf den Zuflug neuer Tiere von der Peripherie angewiesen.

D. Jahreszyklus und Generationswechsel

Verschiedentlich wurde bereits darauf hingewiesen, daß der Sommer 1947 außerordentlich abnorme klimatische Bedingungen bot, die sich auch in der Mückenentwicklung bemerkbar machten. Jede klimatische Abweichung von der langjährigen Norm hat einen tiefgreifenden Einfluß auf die Anophelenlage des betreffenden Jahres. Die Zahl der Generationen, die Vitalität der Mücken, die Dichte und viele andere Faktoren werden dabei beeinflusst.

In der Abb. 4 sind die Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Niederschlagsverhältnisse des Sommers 1947 mit dem langjährigen Durchschnitt verglichen. Für die Temperatur sind die Tagesmittelwerte, für Niederschläge und Feuchtigkeit die Monatsmittelwerte in Millimeter bzw. Prozent angegeben. Es ist ohne weiteres zu erkennen, wie hoch die Tagesmitteltemperaturen über dem langjährigen Durchschnitt liegen. Sehr kraß ist auch der Unterschied im Verlauf der Niederschlagskurven. Die Luftfeuchtigkeit des vergangenen Sommers liegt ebenfalls unter dem Durchschnitt.

Wieweit ist hierdurch die Mückenentwicklung beeinflusst? Nach MARTINI (1946) verlassen die *maculipennis*-Arten in Norddeutschland die Winterquartiere im März oder April, die Weibchen sterben Ende

Mai/Anfang Juni ab. Der Gipfel der ersten Generation liegt Mitte Juni. Nach Beobachtungen von WEYER sind 1947 die ersten Anophelen später in den Ställen erschienen. Der März und auch die erste Aprilhälfte waren noch ausgesprochen kalt. Die Tagesdurchschnittstemperaturen für Anfang April lagen zwischen 3° – 10° . Die Überwinterer verließen daher zumeist erst Ende April ihr Quartier.

Als Entwicklungsdauer gibt MARTINI (1946) folgende Daten an: 16 – 19° Wasserwärme $30\frac{1}{2}$ Tage, 20 – 22° 18 Tage, 24 – 27°

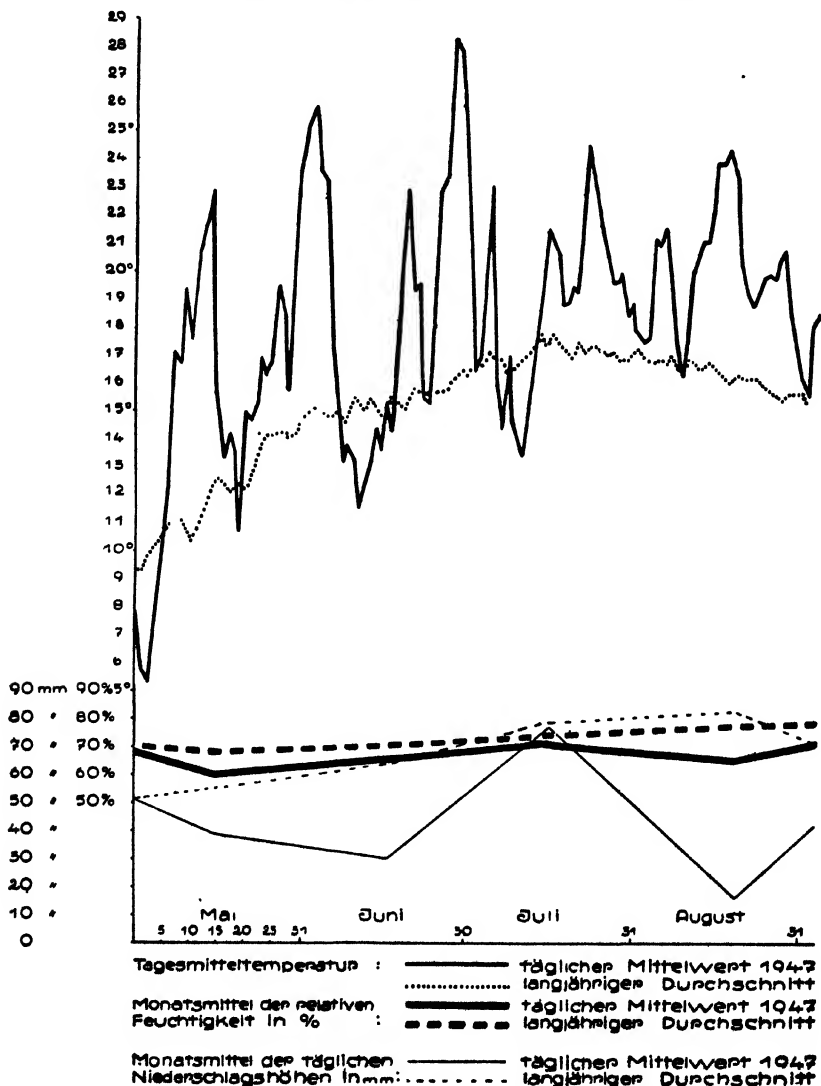


Abb. 4. Klimakurve für die Sommermonate von Hamburg (1947 und langjähriger Durchschnitt)

14 $\frac{1}{2}$ Tage. In ruhig stehenden Algenwatten ist das stagnierende Oberflächenwasser vermutlich wesentlich wärmer als das Wasser in wenigen Zentimetern Tiefe. Abb. 4 zeigt die Tagesmitteltemperaturen der Luft. Es ist anzunehmen, daß das Oberflächenwasser vieler Brutstellen die Werte von 24—27° im Laufe des Sommers erreichte. Die ausgedehnte Bestrahlung der Sonne, verursacht durch die geringe Zahl der trüben Tage (Tabelle 6), hat wesentlich dazu beigetragen, die Wassertemperatur zu erhöhen.

Tabelle 6

Monatliche Zahl der trüben Tage			
Monat	1947	langjähriger Durchschnitt	
April	11	11,4	
Mai	5	9,3	
Juni	8	9,7	
Juli	4	11,3	
August	2	10,8	
September	8	9,5	

Im Laufe des Sommers wurde bei jeder Larvenfangstelle notiert, welche Larvenstadien am häufigsten geschöpft wurden, um dadurch einen Überblick über die Generationsentwicklung zu erhalten. Wie zu erwarten, ließ sich am Anfang des Sommers die Entwicklung der Stadien gut verfolgen, da in jeder Kelle meist nur ein bestimmtes Larvenstadium in überwiegender Zahl vorhanden war. Gegen Mitte Juli begannen die 4 Stadien sich schon zu überlagern. Tabelle 7 zeigt das Ergebnis dieser Untersuchung. Eine große Zahl von Mücken hat sich also sicherlich in weniger als 18 Tagen entwickelt.

Tabelle 7

Generationsablauf von *Anopheles* im Sommer 1947

Tag	1. Stadium	2. Stadium	3. Stadium	4. Stadium	Alle Stadien gleichviel	
15. 6.	—	2	2	—	—	1. Generationsablauf
20. 6.	—	1	8	4	—	
25. 6.	—	2	7	5	—	
30. 6.	11	12	1	1	2	
5. 7.	1	2	—	—	—	2. Generationsablauf
10. 7.	1	2	1	1	1	
15. 7.	5	4	4	1	3	
20. 7.	6	7	4	—	4	
25. 7.	8	20	11	1	15	3. Generationsablauf
30. 7.	1	—	2	—	6	
2.—18. 8.	—	Fang der Imagines		—	—	4. Generationsablauf
20. 8.	—	2	3	1	1	
25. 8.	—	6	6	—	—	

Aus diesen Feststellungen läßt sich nun auch annähernd die Zahl der Generationen festlegen, die, wie vermutet, ebenfalls höher liegt als in anderen Jahren. Nach MARTINI (1946) sind im ganzen für Mittelitalien durchschnittlich etwa 5—7 Generationen im Jahr anzunehmen,

in Süddeutschland 2—4, in Norddeutschland 2—3. Uns scheint es nicht zu hoch gegriffen, wenn die Zahl der Generationen im Sommer 1947 mit fünf veranschlagt wird. Die Temperaturverhältnisse lassen es sogar möglich erscheinen, daß an vereinzelter Stellen noch eine sechste Generation zur Entwicklung gekommen ist.

Nach diesen Erörterungen sollte man vermuten, daß das Jahr 1947 ein gutes Anophelen-Jahr war. Wenn die Temperaturverhältnisse eine Vermehrung der Anophelen begünstigt haben, so haben aber andere Faktoren, insbesondere die geringe Luftfeuchtigkeit und die fehlenden Niederschläge die Entwicklung gehemmt (vgl. WEYER, 1947).

Die Untersuchungen HUNDERTMARKS (1938—1941) haben ergeben, wie sehr die Mücken von der relativen Feuchtigkeit und der Temperatur abhängig sind. Obwohl sich die drei *maculipennis*-Arten in dieser Beziehung verschieden verhalten, zeigen sie dennoch alle mit zunehmender Temperatur eine herabgesetzte Vitalität. Sinkende Luftfeuchtigkeit vermindert ebenfalls die Lebensdauer.

Die Luftfeuchtigkeit in Ställen wird von den Verhältnissen im Freien sicher nur unwesentlich beeinflußt. Dort kann sich die Mücke ihre optimalen mikroklimatischen Bedingungen auch selbst wählen. Da sie aber nicht nur im Stall lebt, werden die ungünstigen Feuchtigkeitsverhältnisse im Freien die Lebensdauer und Widerstandskraft stark herabdrücken; wir erwähnten bereits, daß die Sterblichkeit unter den zur Eiablage angesetzten Mücken außerordentlich hoch war und mit anhaltender Trockenheit besonders gegen Ende August immer noch anstieg. Wir führen diese hohe Mortalität auf die niedrige Feuchtigkeit zurück, und aus denselben Gründen dürfte auch die Lebensdauer der freilebenden Mücken verkürzt gewesen sein.

HUNDERTMARK wies nach, daß *typicus* am besten der Lufttrockenheit zu trotzen vermag und sogar bei 0—32 % Feuchtigkeit und 19 ° *atro-parvus* und *messeae* überlegen ist. Vielleicht hängt damit auch die im Vergleich zu früheren Untersuchungen höhere Anzahl von *typicus* zusammen.

Die geringen Niederschläge haben sich dadurch nachteilig für die Anophelen ausgewirkt, daß zahlreiche Brutplätze austrockneten. Hierbei ist nicht nur die Brut eingegangen, sondern wahrscheinlich auch das Entstehen weiterer Generationen verhindert worden. Stichprobenartige Untersuchungen zeigten derartige Verhältnisse nicht nur in den „trockenen“ Stadtteilen, wie z. B. am Habichtsplatzteich, sondern auch in der Marsch, wo in Veddel, Georgswärder usw. ein Teil der Brutplätze ausgetrocknet war.

Eine andere Frage, die klimatisch bedingt ist und noch genauer untersucht werden sollte, ist die, wieweit die Populationsdichte und Zusammensetzung in Flottbek und Othmarschen abhängig ist vom Einwehen aus Finkenwärder. Die Windbedingungen waren nicht nur im Sommer 1947 dafür günstig (Tabelle 8).

Tabelle 8
Durchschnittliche Verteilung der Windrichtung in %

	Sommer 1947 %	langjähriger Durchschnitt %
N	9	9,1
NE	13,75	8,5
E	6,37	8,3
SE	8,5	9,85
S	3,5	5,8
SW	5,1	18,4
W	17,5	19,05
NW	15,6	19,07
Windstill	9,5	1,65

Der Sommer 1947 hat sich aber nicht nur auf die *Anopheles*-Lage ausgewirkt. Die *Culex*-dichte ist zweifellos günstig beeinflusst worden. An den *Culex*-Brutplätzen konnte wiederholt eine ungeheuere Larvendichte festgestellt werden. Schöpfkellen mit über 800 *Culex*-Larven (geschätzt) waren meist die Regel. Auch aus vielen anderen Gebieten Deutschlands hörte man Klage über eine starke *Culex*-Plage, so z. B. aus Berlin, Würzburg und anderen Städten. *Aedes* dagegen konnte in Hamburg durch die starke Trockenheit überhaupt nicht zur Bedeutung kommen.

Auch unter den Fliegen hat sich das Klima zum Teil günstig, zum Teil ungünstig ausgewirkt. All die Fliegen, die an eine gesunde und üppige Flora gebunden sind, wurden in den öden Feldern stark dezimiert. Zum Teil verzogen sie sich auf kleine grüne „Oasen“ in der Nähe von Stellen mit hohem Grundwasser oder in das Ufergrün eines Baches. Die meisten saprophytischen Fliegen konnten sich dagegen zu ungeheueren Mengen vermehren. Über Fliegenschwärme (Calliphoriden und Musciden) wurde uns auf unseren Untersuchungsfahrten von allen Seiten geklagt, allerdings mehr in den Randgebieten als im Zentrum.

An dieser Stelle seien noch einige angewandte biologische Beobachtungen mitgeteilt. Vergesellschaftet fanden wir *Anopheles maculipennis* mit *Dixa*, *Corethra*, Tentipediden und gelegentlich mit *Culex*. Wir haben aber nie gesehen, daß Gewässer mit zahlreichen Anophelen ebenfalls reichlich *Culex* enthielten. Aus dem Bramfelder See fließt durch Steilshop ein kleiner Graben. Dieser imponierte durch seine ausschließliche *Culex*-Fauna. Anophelen haben wir darin nirgends gefunden. Solche Beobachtungen konnte man gelegentlich auch auf Nord-Wilhelmsburg machen. Ein kleiner Bach in Lokstedt dagegen enthielt viele *Culex* und nur stellenweise *Anopheles*. Ein Löschteich in Rothenbaum (Heimhuderstraße) muß die Ursache einer großen Plage gewesen sein. Große Mengen von *Culex* fanden wir auch im Jenfelder Moor. Viele Bombentrichter schienen für Anophelen ungeeignet, enthielten aber zahlreiche *Culex*. Im Bezirk Wilhelmsburg (Parallelstraße) lag dicht neben einem kleinen Graben ein Bombentrichter. Im Graben fanden sich große Mengen *Culex*-Larven, jedoch keine *Anopheles*. Der Bombentrichter dagegen wimmelte von Anophelenlarven, ohne *Culex* zu enthalten.

E. Besprechung und Auswertung der Ergebnisse

Im großen und ganzen waren *Anopheles*-Untersuchungen in Deutschland bis jetzt nur qualitativer Art. Quantitativ dagegen wurde nur bei

der Untersuchung über die Verbreitung der *maculipennis*-Arten gearbeitet. Zum Teil liegen die qualitativen Arbeiten ziemlich weit zurück (MARTINI, 1920, SCHUBERG, 1927). Soweit sich erkennen läßt, hat sich die Anophelenlage seitdem nicht grundsätzlich geändert. Es werden dieselben Teiche und Seen, Marschen und Niederungen angegeben, in denen wir auch zahlreiche Larven finden konnten. Die Untersuchungen WEYERS (1938, 1939) zeigen, daß sich auch quantitativ die Situation nicht wesentlich geändert hat, soweit es sich um die Verbreitung der drei *maculipennis*-Arten handelt. *Messeae* war damals und ist auch heute in Hamburg am stärksten vertreten, dann folgt *atroparvus* und schließlich *typicus*. *A. bifurcatus* hat sich früher und auch noch heute im wesentlichen an die Randgebiete der Stadt gehalten. Ob sich allerdings die Populationsdichte verändert hat, kann nicht gesagt werden. Anophelen hat es schon immer in Deutschland, auch in Berlin und Hamburg gegeben. Sie werden sicherlich auch weiterhin ein Bestandteil unserer Süßwasserfauna bilden. Nur ihre relative Häufigkeit kann von Bedeutung werden zur Beurteilung der Rolle, die sie in der Malaria-epidemiologie spielen.

Für Hamburg als Großstadt spielt die Anophelenlage epidemiologisch keine Rolle. Wir haben gesehen, daß große Stadtteile, auch solche mit relativ dichter Bevölkerung, nur unwesentliche Brutplätze enthalten. Dort, wo *Anopheles* häufig vorkommt, handelt es sich meist um ländliche Bezirke mit Viehbestand. Es wird daher hier mit einer starken Stallablenkung zu rechnen sein. Schließt man sich der Ansicht an, daß *messeae* weniger für die Verbreitung der Malaria verantwortlich zu machen ist als andere Formen (HACKETT, 1935, SWELLENGREBEL und DE BUCK, 1938, WEYER, 1937), dann vermindert sich für Hamburg auch hierdurch die Malariagefahr. Es ist allerdings nötig, die Aufmerksamkeit auf drei Bezirke zu lenken, nämlich Farmsen, Jenfeld und das Gebiet der Alsteraltwasser. Wir erwähnten bereits, daß hier die Zahl der Mücken sehr groß war, und daß andererseits hier auch eine große Anzahl von Menschen auf engstem Raum zusammen leben. Das Ausbleiben von Malariafällen ist hier wohl nur auf das Fehlen von Gametenträgern zurückzuführen. Malariafälle, die von der Insel Wilhelmsburg gemeldet wurden, sind trotz der schon immer vorhandenen großen Zahl von Mücken nicht beträchtlich. Die Zahl der dort lebenden Menschen ist gering und die Stallablenkung wahrscheinlich hoch.

Wenn die allgemeine *Anopheles*-Lage für die Malariabewertung als unbedenklich angesehen werden kann, so muß doch gesagt werden, daß die Stechmücken in Hamburg — außer *Anopheles* auch *Culex* und eventuell *Aedes* — als allgemeine Plage immerhin eine große Rolle spielen. Schon aus hygienischen Gründen ist es nicht tragbar, in den oben erwähnten Stadtgebieten den Dingen ihren Lauf zu lassen. Zum Teil klagte die Bevölkerung stark über die Mücken, die sie nachts überfallen. Es ist festzustellen, daß sich in manchen Löschteichen und Luftschutzbunkern mitten in der starkbewohnten Stadt riesige Massen von *Culex* entwickeln. Diese Verhältnisse rechtfertigten in bestimmten Gebieten auf alle Fälle eine Mückenbekämpfung, besonders da sich viele Quellen des Übels mit

geringen und einfachen Mitteln beseitigen lassen. Löschteiche sollten entweder zugeschüttet oder mit Wasser völlig aufgefüllt werden, damit sie als Schwimmbecken dienen können. Unterirdische Wasseransammlungen oder Luftschutzbunker könnten mit einem insektiziden Mittel behandelt werden. Die Altwasser der Alster und viele Wasserlöcher und Bombentrichter könnten mit den im Überfluß vorhandenen Schuttmassen zugeschüttet werden. Zum Teil ist dies bereits geschehen, wenn auch nicht, um die Mückenbrutplätze zu beseitigen. Auf Wilhelmsburg sind viele Gräben mustergültig entkrautet. Wir konnten in keinem dieser Gräben Larven der Fiebertücke finden. Solches Entkrauten müßte auch in Hamburg vorgenommen werden, dort wo ein Beseitigen der Wasserstellen nicht möglich ist.

Im Rahmen des Wiederaufbaues und der Neugestaltung Hamburgs müssen großzügige Maßnahmen ergriffen werden, um die Stadt nicht nur malariefrei zu erhalten, sondern vor allem mückenfrei zu machen.

F. Zusammenfassung

Im Sommer 1947 wurden in Hamburg Untersuchungen durchgeführt, um die epidemiologische Bedeutung von *Anopheles* für die Verbreitung der Malaria festzustellen. Das Hauptaugenmerk richtete sich dabei auf die Brutplätze und die Zahl der darin enthaltenen Larven. Die Imagines wurden jedoch auch berücksichtigt. Die *Anopheles*-Brutplätze Hamburgs werden tabellarisch aufgeführt und Angaben über Beschaffenheit, Größe der bebrüteten Fläche und Zahl der Larven je Quadratmeter bebrüteter Fläche gemacht. An Hand der letzten beiden Angaben wird jeder Brutplatz mit einem Index versehen, welcher über die absolute Mückenproduktion des Gewässers Aussagen machen soll. Solche Indizes, die eine Gesamtlarvenzahl von mehr als 200 000 andeuten, werden als kritische Indizes bezeichnet und finden sich selbst bei Brutplätzen im Stadtinneren.

Für diese Darstellung wird Hamburg nach Besonderheiten des Landschaftsbildes in neun Gebiete eingeteilt. Alle untersuchten Brutplätze werden zu diesen Gebieten und der Zahl der Einwohner dieser Stadtteile in Beziehung gebracht. Farmsen und manche Teile des Alstertals betrachtet der Verfasser als gefährdete Bezirke.

Nach ihrer Beschaffenheit und Bedeutung lassen sich die Gewässer in folgende Gruppen einteilen.

- a) Natürliche Gewässer — ständige Brutplätze.
- b) Künstlich angelegte oder für wirtschaftliche Zwecke ausgebaute Gewässer — als Brutplatz ungeeignet.
- c) Durch Kriegsumstände neu entstandene Gewässer die sich als Brutplatz eignen.
- d) Durch Kriegsumstände neu entstandene Gewässer die für *Anopheles*-Brut ungeeignet sind.

Wenigstens geringe Mengen von Vegetation sind als absolute Voraussetzung für das Vorkommen von *Anopheles*-Brut zu betrachten. Geringe Mengen von Algenwatten sind dafür oft ausreichend.

Die Imagines sind im ganzen Bereich, selbst in der Innenstadt zu finden. Häufig sind sie dagegen nur an der Peripherie. Sie wurden hauptsächlich in Schweinemästereien, Rinder- und Pferdeställen zum Teil auch in Schaf- und Ziegenställen gefangen. Die untersuchten Tiere setzten sich aus 67,8 % *Anopheles maculipennis messeae*, 22 % *A. maculipennis atroparvus*, 12,1 % *A. maculipennis typicus* und 3,8 % *A. bifurcatus* zusammen. Vergleiche mit früheren Untersuchungen zeigen, daß sich das Bild zugunsten von *typicus* verschoben hat. *Atroparvus* wurde hauptsächlich in der Marsch und einzelnen Stellen auf der Geest gefunden. *Typicus*, dagegen, war nur in manchen Teilen der Geest häufig. In den restlichen Stadtteilen herrscht *messeae* vor.

Wenn auch die Überwinterungstiere nicht in großer Zahl gefunden wurden, zeigen die Fänge doch, daß Hamburg auf den jährlichen Zuflug neuer Mücken nicht angewiesen ist.

Die abnormalen klimatischen Bedingungen des Sommers 1947 haben die Entwicklung der Mücken stark beeinflußt. Durch die hohe Temperatur hat sich die Entwicklungszeit der Larven derart verkürzt, daß eine Zahl von fünf Generationen im Verlauf des Sommers möglich erscheint. Trotzdem haben geringe Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsmangel die Vitalität der Mücken herabgedrückt, die Sterblichkeit erhöht, und Brutplätze durch Austrocknen beseitigt. Die relativ hohe Zahl von *typicus* läßt sich vielleicht durch ihre gesteigerte Resistenz gegen Lufttrockenheit eventuell erklären.

Es kann der Schluß gezogen werden, daß *Anopheles maculipennis* in Hamburg für die Malariaepidemiologie keine Rolle spielt.

Schrifttum

- BATES, M., The Use of Salt Solution for the Demonstration of physiological Differences between the Larvae of Certain European Anopheline Mosquitoes. — Amer. J. Trop. Med. **19**, Nr. 4, 357—384, 1939.
- CAMBOURNAC, F. J., A Method for determining the Larval *Anopheles* Population and its Distribution in Rice Fields and other Breeding Places. — Riv. d. Malariol. **1**, 17—22, 1939.
- DE BUCK, und SWELLENGREBEL, Das Vorkommen von zwei verschiedenen Rassen des *Anopheles maculipennis* als Erklärung des *Anophelismus sine Malaria* in Niederland. — Verhandl. der Deutsch. Zool. Ges. **225**—230, 1931.
- EARLE, W. C., und HOWARD, H. H., The Determination of *Anopheles* Mosquito prevalence. — Bol. Asoc. d. Puerto Rico **28**, No. 10, 233—240.
- EICHLER, W., *Anopheles*-Beobachtungen in Griechenland. — Deutsch. Trop. Med. Zeitschr. **48**, 261—272, 1933.
- HACKETT, L. W., und MISSIROLI, A., The varieties of *Anopheles maculipennis* and their relation to the distribution of malaria in Europe. — Riv. d. Malariol. **1**, 3—67, 1935.
- HECHT, O., Experimentelle Beiträge zur Biologie der Stechmücke. — Arch. f. Schiffs- u. Trop.-Hyg. **37**, 256—270, 1933.
- HUNDERTMÄRK, A., Versuche und Beobachtungen über das Verhalten von *Anopheles maculipennis* bei verschiedener Luftfeuchtigkeit und Temperatur. — Zeitschr. f. Angew. Entom. **27**, 667—696, 1941.

- KLOSZ, F., und EISENTRAUT, M., Über die Verbreitung der Malaria-mücke *Anopheles maculipennis* in der Provinz Brandenburg. — Öffentl. Gesundh. 8, 73—84, 1942.
- MARTINI, E., *Anopheles* in Niedersachsen und die Malaria-gefahr. — Hyg. Rundschau 22, 673—740, 1920.
- — *Anopheles* in der näheren und weiteren Umgebung von Hamburg und ihre voraussichtliche Bedeutung für die Volksgesundheit. — Abhandl. a. d. Geb. d. Naturwiss. 21, 2—32, 1920.
- — Über die Ursachen mückenreicher und mückenarmer Jahre. — Zeitschr. f. Desinf. u. Gesundheitsw. 1, 1—2, 1930.
- — Wege der Seuchen. — Stuttgart, Verlag Ferdinand Enke, 1943.
- — Lehrbuch der Medizinischen Entomologie. 3. Aufl. — Jena, Verlag Fischer, 1946.
- PRELL, H., Biologische Beobachtungen an *Anopheles* in Württemberg. — Zeitschr. f. wiss. Insekt. Biol. 13, 242—272, 1917.
- SCHUBERG, A., Das gegenwärtige und frühere Vorkommen der Malaria und die Verbreitung der *Anopheles*-Mücken im Gebiet des Deutschen Reichs. — Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamt 59, 1—427, 1927.
- SWELLENGREBEL, N., On the Influence of the Wind in the Spread of *Anopheles maculipennis*. — Amer. J. Hyg. 10, 419—434, 1929.
- — Observations Relatives a L'invasion par L'*Anopheles maculipennis* du polder de wieringen. — Bull. Health Organization of the League of Nations III, No. 16, 465—484.
- — Occurrence in Fresh and Brackish Water of the Larva of *A. maculipennis atroparvus* and *messeae* in some coastal Provinces of the Netherland. — Bull. Health Organization of the League of Nations V., Extract No. 3 280—352.
- — und DE BUCK, A., Malaria in the Netherlands. — Amsterdam, Scheltema & Holkema Ltd., 1938.
- ULMANN, E., Die regulatorische Bedeutung der Bevölkerungsdichte für das natürliche Gleichgewicht einer Art. — Zeitschr. f. Angew. Entom. 28, 1—60, 1941.
- VAN THIEL, P. H., On Zoophilism and Anthropophilism of *Anopheles* Biotypes and Species. — Riv. Malariol. 1, 95—124, 1939.
- WARASI, W., Zur Biologie der *Anopheles*-Larve. — Arch. f. Schiffs- u. Trop.-Hyg. 35, 336—345, 1931.
- WEYER, F., Untersuchungen zur Rassenfrage bei *Anopheles maculipennis* in Nordwestdeutschland. — Ztbl. Bakt. Parasit. u. Inf. 127, 398—417, 1933.
- — Die geographische Verbreitung der Rassen von *Anopheles maculipennis* in Deutschland. — Zeitschr. f. Parasit. 10, 437—463, 1938.
- — Zur Frage der Konstanz in der Zusammensetzung natürlicher Populationen von *Anopheles maculipennis*. — Zeitschr. f. Parasit. 11, 357—370, 1939.
- — Eistruktur und Rassen bei *Anopheles maculipennis*. — VII. Intern. Kongreß f. Entom. 1938, 1715—1722.
- — Malaria und Malariaübertragung in Ostfriesland. — Arch. f. Schiffs- u. Trop.-Hyg. 44, 1—73, 1940.
- — Bemerkungen zur gegenwärtigen Malarialage in Deutschland. — Ärztl. Wochenschr. 1947.
- — Rassen von *Anopheles maculipennis* in Deutschland. — Zeitschr. f. Parasitenk. 1948.
- — und HUNDERTMARK, A., Versuche über die Vorzugstemperaturen einiger Anophelen bei der Eiablage. — Riv. d. Malariol. 4, 251—257, 1941.

Referate

Schneider-Orelli, O., Entomologisches Praktikum. 2. Aufl. 237 S. 117 Abbildungen. Verlag H. R. Sauerländer & Co., Aarau. Preis brosch. S. Fr. 10,— (in Deutschland DM. 9,—).

Mit der vorliegenden Schrift hat der auf unserem Gebiet weit über die Grenzen der Schweiz hinaus bekannte Verfasser ein entomologisches Praktikum geschaffen, das besonders die angewandte Seite des Faches berücksichtigt. Als Einführung für Studierende und zum Gebrauch bei Hochschulkursen und Übungen gedacht ist es — zum mindesten im Deutschen Schrifttum — der erste Versuch dieser Art. Daß er vollauf gelang und einem wirklichen Bedürfnis entsprach, beweist das rasche Erscheinen der zweiten Auflage, die in erweiterter Form der 1945 herausgekommenen Erstauflage folgte.

Inhaltlich behandelt ein einführender Abschnitt Hauptmerkmale und (etwas kurz!) Ökologie der Insekten. der morphologische Teil Präparationstechnik sowie in Form von Übungen an leicht zu beschaffendem Material alles Wesentliche zur äußeren und inneren Anatomie von Vollinsekt und Larve der einzelnen Ordnungen. Die Übungen zur Systematik, denen aus didaktischen Gründen erfreulicherweise ein vereinfachtes System zugrunde liegt, berücksichtigen ebenfalls nicht nur die Imaginalstufen, sondern auch die Larvenformen der einzelnen Ordnungen, was gerade im angewandten entomologischen Bereich besonders wichtig ist. Ihnen schließen sich biologische Übungen an, die den Hauptteil des Praktikums bilden. An ausgewählten Beispielen werden wirtschaftlich wichtige Formen aus Agrar- und Forstentomologie behandelt, Anweisungen zur Zucht und Anleitung zu Freilandbeobachtungen gegeben. Das Schwergewicht dieses Teiles liegt bei den Agrarschädlingen, an forstlichen Arten sind (leider) neben Schwammspinner nur einige Borkenkäfer und wichtigere Schnabelkerfe als Schulbeispiele herausgegriffen. Ein Schlußkapitel gibt eine Übersicht der wichtigsten Bekämpfungsverfahren und Richtlinien zur Prüfung chemischer Pflanzenschutzmittel. (Es wäre erwünscht, die bei uns üblichen Kontrollmethoden des Wirkungsgrades bei forstlichen Großkampfkationen in diesem Zusammenhang bei einer Neuauflage ebenfalls zu erwähnen.) Eine für den Anfänger gedachte Literaturübersicht bildet den Beschluß. (Als Anregung für eine Neuauflage: ihre Ergänzung insbesondere in ökologischer Richtung erscheint angebracht. Ebenso eine Übersicht der wichtigsten Fachzeitschriften unseres Gebietes)

Druck und Ausstattung des Buches sind hervorragend! Die Bebilderung bringt nur Originalzeichnungen, die sich durch außerordentliche Klarheit und feine Sachkenntnis auszeichnen, die die langjährige Lehrerfahrung des Verfassers verrät. Viele dieser Abbildungen eignen sich vortrefflich als Tafelvorbilder für den Hochschulunterricht

Zwölfer, München.

Kotte, Walter, Krankheiten und Schädlinge im Obstbau. 2. neubearbeitete Auflage. 336 Seiten mit 213 Textabbildungen und 8 farbigen Tafeln. Verlag Paul Parey, Berlin 1948. Preis kart. DM. 24,—, geb. DM. 25,60.

Daß in verhältnismäßig kurzer Zeit eine zweite Auflage notwendig geworden ist, zeigt, daß das Buch den Zweck, den der Autor verfolgt hat, nämlich dem Praktiker einen zuverlässigen Ratgeber in allen Fragen der seine Obstkulturen gefährdenden Krankheiten und Schädlinge zu geben, erfüllt hat. Eine zweite Auflage war aber in diesem Fall nicht nur durch das Vergiftensein der ersten Auflage bedingt, sondern sie war auch wünschenswert geworden durch die Revolution, die die chemische Bekämpfung durch die Schaffung neuer synthetischer Insektizide erfahren hat, die uns neue, vor kurzem nicht gekannte Möglichkeiten eröffnen. Als der Referent das Buch studierte, war es ihm, als wanderte er durch ein Land, in dem alle seine Wunschträume, die er seit 5 Dezennien in sich

trug mit einem Schlag erfüllt seien. Es sei nur das Maikäferproblem herausgegriffen, das uns bis vor kurzem soviel Kopfschmerzen gemacht hat: es ist heute fast hundertprozentig gelöst. Das E 605 hat „geradezu phantastische Wirksamkeit gegen den Maikäfer, so daß rechtzeitig durchgeführte Spritzungen die Obstbäume vor Maikäferfraß schützen“, und außerdem ist es auch „gegen den Engerling hochwirksam, so daß das Problem der chemischen Engerlingbekämpfung sich augenscheinlich seiner Lösung nähert“.

Auch die Forderung „Los vom Arsen“, die der Referent nach den Erfahrungen in der Forstschädlingbekämpfung stellte, ist heute durch die neuen Mittel fast völlig erfüllt, was von verschiedenen Gesichtspunkten aus nicht hoch genug zu werten ist.

Nachdem in den ersten beiden Kapiteln die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes im Obstbau und die Ursachen der Schäden an unseren Obstpflanzen besprochen wird, werden die einzelnen Krankheiten und Schädlinge der verschiedenen Obstsorten behandelt, dabei werden zuerst die Symptome an der Pflanze und die Urheber der Beschädigungen beschrieben, und dann Bekämpfungsmaßnahmen angegeben, — alles nicht zu lang und nicht zu kurz, in einer klaren Sprache, zugeschnitten auf die Bedürfnisse des Praktikers.

Es folgt eine Beschreibung der Schutzmittel, der Vorsichtsmaßnahmen bei ihrer Anwendung, der Spritzgeräte und der praktischen Durchführung der Bekämpfung und endlich ein Bestimmungsschlüssel der wichtigsten Obstbaumkrankheiten und Schädlinge.

Zum Schluß wird auch kurz der biologischen Bekämpfung gedacht, wobei folgende Sätze angeführt seien: „Wichtig für den Obstzüchter ist, daß die Nützlinge für ihre Zwecke stets zu spät kommen.“ Und betreff des Vogelschutzes: „Die chemische Schädlingsbekämpfung kann niemals durch Vogelschutz ersetzt werden.“ „Der Vogelschutz ist aber eine wertvolle Ergänzung der chemischen Bekämpfungsverfahren.“ „Er soll neben der Spritzung in sachgemäßer Weise gepflegt werden. Er ist mehr eine Sache des Herzens und des Naturgefühls“ — Sätze, denen der Referent voll und ganz zustimmt.

Der Text wird durch eine große Fülle von Bildern wirksam unterstützt. Die Ausstattung ist erstklassig, friedensmäßig.

Das Kottische Buch ist eine ganz ausgezeichnete Leistung. Es ist nur zu wünschen, daß jeder Obstzüchter sich desselben recht fleißig bedient. Eine fühlbare Steigerung unserer Obsternte und damit eine wesentliche Besserung unserer Ernährungslage wird die Folge sein.

K. E.

Suurkula, J., Durch Dipterenlarven verursachte Augenkrankheiten (Ophthalmomyiasis). — Mit 12 Tafelabbildungen und 2 Tabellen. Bücherei des Augenarztes. 13. Heft. 1942. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. Preis geh. DM. 2,20.

Der Entomologe ist beim Lesen der Schrift zunächst etwas erstaunt, daß Augenkrankungen durch eingedrungene Fliegenlarven gar nicht so seltene Ausnahmen sind, und daß bereits eine so umfangreiche Literatur (meist in medizinischen Zeitschriften erschienen) existiert (der Autor führt 123 Nummern im Literaturverzeichnis an). Es wurden bis jetzt 13 Dipterenarten festgestellt, deren Larven Ophthalmomyiasen verursacht haben: *Tachina spec.*, *Sarcophaga carnaria*, *Wohlfartia magnifica*, *Calliphora vomitoria*, *Chrysomya macellaria*, *Cochliomyia hominivorax*, *Lucilia sericata*, *Oestrus ovis*, *Rhinistrus purpurea*, *Hypoderma bovis*, *Hypoderma lineatum*, *Dermatobia cyaniventris*, *Gastrophilus intestinalis* und *Aphiochaeta xanthoma* (Phoridae).

Die Larven sitzen an verschiedenen Stellen des menschlichen Auges, im Bindehautsack, Tränensack oder im Inneren des Bulbus (in der vorderen oder hinteren Augenkammer, Ophthalmomyiasis externa oder interna). Über die Invasionswege sind die Meinungen geteilt. Die Mehrzahl der Autoren hält es für wahrscheinlich, daß die Larven auf direktem Weg ins Auge gelangen, nachdem sie die umgebenden Gewebe und den Bulbus durchbohrt haben. Hess dagegen meint, daß die Larve durch die Blutbahn ins Auge gebracht wird. Dem widerspricht aber die Feststellung, daß noch in keinem Fall eine Embolie der Arteria centralis retinae durch Dipterenlarven beobachtet worden ist. Bezüglich der geographischen Lage fällt auf, daß in Deutschland der Großteil der Fälle im Küstengebiet der Nord- und Ostsee beobachtet wurde. Von allen Dipteren ist *Oestrus ovis* am häufigsten an den Ophthalmomyiasen beteiligt. Nur in verhältnismäßig wenigen Fällen war eine Enucleatio des Bulbus notwendig, in einigen Fällen trat eine Atrophie des Bulbus, in den meisten Fällen aber nach Exstruktion der Larven eine Heilung ein.

Eine interessante Schrift, die den Entomologen in ein bisher wenig berührtes Gebiet einführt.

K. E.

Fritz Steiniger, Helmut Kroll, Taschenbuch der Schädlingsbekämpfungsmittel für Schädlingsbekämpfer und Drogisten. Husum 1948. Kieler Druckerei.

Durch dieses Buch ist endlich eine Lücke in der Literatur der allgemeinen Schädlingsbekämpfung gefüllt worden und sicherlich werden alle Fachkreise das Erscheinen eifrig begrüßen. In einer Fülle von Kleinarbeit ist es den Autoren gelungen das zusammenzutragen, ob gut oder schlecht, was dem Schädlingsbekämpfer an Mitteln zur Verfügung steht oder stand.

Durch den Versuch der Autoren, die Mittel nach ihrer Wirksamkeit zu kennzeichnen, ist dem Fachmann, der auch trotz bestem Bemühen nicht mehr in der Lage ist, die Unzahl der zur Verfügung stehenden Präparate zu kennen, wirksam unter die Arme gegriffen. Geradezu als abschreckendes Beispiel wirkt die Zahl der unzuverlässigen oder fragwürdigen Präparate und mahnt zu schärferer Disziplin seitens der Herstellerfirmen. Wenn auch das eine oder andere Mittel nach Mitteilung der Autoren nicht mehr hergestellt wird, so dürfte es doch als Ladenhüter immer noch auftauchen.

Durch ihre Einteilung der Präparate nach den enthaltenden Wirkstoffen deuten die Autoren einen Weg an, der in Zukunft allgemein verfolgt werden sollte: bereits auf dem Etikett neben dem Namen des Präparates auch die Wirkstoffbasis anzugeben. Es wäre zu begrüßen, wenn ohne wesentliche Verteuerung neben der Einteilung nach Wirkstoffen dem Buch ein Inhaltsverzeichnis nach Fachgebieten geordnet, z. B. Rattenbekämpfung, Fliegenbekämpfung, Wanzenbekämpfung usw. beigelegt werden könnte.

Möge das Taschenbuch großen Absatz finden, damit in Zukunft laufend weitere verbesserte und verbilligte Auflagen erscheinen können.

Dr. H. J. Heinz

Weyer, F. und Zumpt, F., Gesundheitsschädliche Insekten und Spinnentiere der warmen Länder. Erkennung, Bedeutung, Bekämpfung. 106 Seiten mit 20 Abbildungen. Zweite verbesserte Auflage. Hamburg, Tropenverlag Fr. W. Thaden, 1943.

Die vorliegende Schrift enthält eine Auswahl der wichtigsten Gesundheitsschädlinge der warmen Länder. Die Auswahl ist zwar vor allem auf Afrika abgestellt, doch da die abgehandelten Schädlinge eigentlich in allen warmen Gebieten der Erde vorkommen, wird die Schrift auch außerhalb des afrikanischen Kontinentes und selbst in den gemäßigten Zonen von Nutzen sein. Wie sehr die beiden Autoren mit ihrer einfachen, keine Vorkenntnisse voraussetzenden Darstellung das Richtige getroffen und einem starken Bedürfnis entgegengekommen sind, zeigt der rasche Absatz der 1. Auflage, der nach kaum 6 Monaten bereits die Bearbeitung einer neuen Auflage nötig machte. In ihr sind vor allem in dem Abschnitt über die Bekämpfung manche Änderungen durch die neueren Forschungsergebnisse notwendig geworden.

K. E.

Madel, Waldemar, Wirtschaftsfeinde mit 6 Beinen. 94 Seiten mit 4 Tafeln und 1 Textabbildung. Weltkulturverlag Anton Hain, Meisenheim/Glan. 1948. Preis DM. 3,80.

Nach einer ganz kurzen Einleitung, die einiges über Bau und Entwicklung der Insekten gibt, folgen Schilderungen über einige willkürlich ausgewählte Schädlinge, von denen man in der letzten Zeit öfter spricht, wie Kartoffelkäfer, San-José-Schildlaus, Pharao-Ameise, Hausbock, Kornkäfer, Teppich- und Pelzkäfer usw. Die Schilderungen sind sehr anregend geschrieben, ja zum Teil sogar spannend, besonders da, wo das erste Schädlichwerden (durch Einschleppung aus einem fremden Land oder dgl.) beschrieben wird. Wenn der Autor im Vorwort sagt, er habe die aufgelockerte Art der einzelnen Beiträge gewählt, da diese mehr wirkt als die trockene Sachlichkeit, so hat er im Hinblick auf den Zweck der Schrift, die großen und wirtschaftlich so ersten Fragen des Schädlingsauftretens und der Schädlingsbekämpfung einem großen Personenkreis näher zu bringen, vollkommen recht. In diesem Sinn ist die Madelsche Schrift sehr zu begrüßen, da die Bedeutung der angewandten Entomologie noch lange nicht zum Allgemeingut unseres Volkes geworden ist. So ähnlich stellt sich der Referent die künftigen Schulbücher vor, deren Schaffung sich bald als Notwendigkeit erweisen wird.

E. E.

Peters, Gerhard, Die hochwirksamen Gase und Dämpfe in der Schädlingsbekämpfung. I. Einführung und Allgemeiner Teil. 142 Seiten mit

80 Abbildungen und 15 Tabellen. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Neue Folge, Heft 47a. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart, 1942. Preis geh. DM. 9,40.

Wenn man die Primitivität unserer Kenntnisse und der Methoden bedenkt, mit der das Münchener Institut die erste Mühldurchgasung in Heidingsfeld (1917) durch Frickhinger durchführen ließ, vergleicht mit dem hochentwickelten Stand der Gasbekämpfung, wie sie in dem vorliegenden Buch von Peters geschildert wird, so kann man sich nicht genug wundern über die ungeheuren Fortschritte, die in Theorie und Praxis der Gasbekämpfung in der letzten Zeit erzielt worden sind, und wie sehr die Einsicht in hohe volkswirtschaftliche und hygienische Bedeutung in dieser Zeit in der ganzen Welt und besonders auch in Deutschland gewachsen ist. Das Buch gibt eine klare und erschöpfende Übersicht über den heutigen Stand aller mit dem der Gasbekämpfung zusammenhängenden Fragen, die die Chemiker, Biologen, Ärzte, Verwaltungsbeamte u. a. interessieren, die Anteil an Wissenschaft und Praxis der Schädlingsbekämpfung zu nehmen haben. Es wendet sich auch „an die große Zahl der praktisch tätigen Schädlingsbekämpfer, welche ihren Beruf die fachliche Wissensgrundlage geben wollen, ohne die heute Schädlingsbekämpfung mit Gasen nicht mehr betrieben werden sollte. Schädlingsbekämpfung ist eine Wissenschaft geworden, die Sachkenntnis und Gründlichkeit verlangt.“

Nach einer kurzen Einführung über Umfang und Bedeutung der Schädlingsbekämpfung werden die verschiedenen Durchgasungsverfahren behandelt: Großraumdurchgasung (Schiffsentwesung, Mühldurchgasung, Nahrungsmittelbetriebe und Vorratslager, Kasernen, Baracken, Krankenhäuser), Kleindraumdurchgasung (Wohnungsdurchgasung, Entwesung von Kunstwerken), Eisenbahnentwesung, Getreideentkäferung, Pflanz Quarantäne, Gewächshausdurchgasung, Frühlreiben, Freilandarbeiten, Baumbelegung, Bekämpfung von Nagern und Bodeninsekten: Es folgt ein Abschnitt über die Auswahl der Durchgasungsmittel nach chemisch-technischen Gesichtspunkten: Gase, Dämpfe, Nebel, Zustandsformen der Materie, ferner eine Übersicht und Kritik der chemisch-technischen Eigenschaften von Gasen und Dämpfen zur Schädlingsbekämpfung. Und im letzten Abschnitt endlich werden die chemisch-biologischen Grundlagen der Schädlingsbekämpfung mit Gasen erörtert. Eine große Anzahl sehr instruktiver Abbildungen zeigen die Apparatur und Gaskammern usw., die zur Erforschung und zur Praxis der Durchgasungsverfahren Verwendung finden.

Das Petersche Buch bedeutet eine gute Einführung in das so kompliziert gewordene Gebiet der Schädlingsbekämpfung mit hochwirksamen Gasen, ohne die heute keiner der irgendwie mit Schädlingsbekämpfung dieser Art zu tun hat, auskommen kann. Zugleich stellt es ein treffliches Dokument für die überraschende Entwicklung der angewandten Entomologie in Deutschland dar.

K. E.

Zander, E., Prof. Dr., Immen und Imkerei. (Ein Wegweiser zu den Quellen zeitgemäßer Bienenpflege und Bienenzucht.) 94 Seiten. 79 Abbildungen. E. Ulmer, Verlag, Stuttgart 1948.

Jedes neue Buch von Zander ist nicht nur für den praktischen Imker ein Ereignis, sondern für jeden Biologen, der über den Rahmen seines engeren Fachgebietes hinaus den Fragen der lebendigen Natur aufgeschlossen gegenüber steht. Die vorliegende, im 75. Lebensjahre des Verfassers erschienene Schrift bringt einen vorzüglichen Abriss vom neuesten Stand der Bienenkunde, -pflege und -zucht, zu dessen großartiger Höhe Zander selbst im Laufe seines arbeitsreichen Lebens die wertvollsten Beiträge lieferte, die ihm einen bleibenden Namen in der Geschichte der praktischen Bienenkunde sichern. Es sei hier nur auf die nach ihm benannte „Zanderbeute“ verwiesen, die besonders in ihrer heutigen Magazinbeuteform mit Kippbetrieb das vollkommenste einer naturgemäßen und zugleich einfach zu handhabenden Bienenwohnung darstellt, an die Einführung des Karbollappens zur Bienenbändigung, die Pollenanalyse des Honigs (Zanders eigenes Werk), die jede Honigherkunft und -fälschung zu bestimmen gestattet, an die Entdeckung der Nosema-Suche, die eine der ersten Großtaten Zanders auf imkerlichem Gebiete war und vieles andere.

Das Büchlein enthält, jeweils mit Hinweisen auf das wichtigste Schrifttum, Abschnitte über Bau und Leben der Biene, sowie ihre Rolle im Haushalt von Natur und Mensch, über Wabenbau und Beute, über Bienenkrankheiten und -feinde, sowie Begegnungsmöglichkeiten und hygienische Maßnahmen, über praktische Bienenpflege in Form eines ausführlich gehaltenen Arbeitskalenders, endlich das Wichtigste über die Zucht hochwertiger Königinnen, die in der heutigen Imkerei eine wesentliche Rolle spielen.

Der leichtfaßlich geschriebenen Schrift, die der Verlag in dankenswerter Weise gut ausstattete, ist weiteste Verbreitung zu wünschen. Zwölfer, München.

Zander, E., Krankheiten und Schädlinge der erwachsenen Bienen. (Handbuch der Bienenkunde in Einzeldarstellungen II.) Vierte neubearbeitete Auflage. 152 Seiten mit 77 Abbildungen Preis DM. 4, —.

Seit dem Erscheinen der 3. Auflage hat die Erkenntnis vom Wesen, Verlauf und von der Bekämpfung der Bienenkrankheiten manche Vertiefung erfahren und ist eine große Anzahl neuer Arbeiten hinzugekommen. Es war keine leichte Arbeit, sich durch diese umfangreiche Literatur hindurchzuarbeiten und dabei die Spreu vom Weizen zu scheiden. „Unter der Nachwirkung meines 70. Geburtstages habe ich zu aller übrigen Arbeit auch diese freudig übernommen, damit dieser Band auch weiterhin eine brauchbare Waffe gegen die immer bedrohlicher auftretenden Bienenkrankheiten bleiben möge“, so schließt der Autor sein Vorwort. Das hier ausgesprochene Ziel ist voll und ganz erreicht. K. E.

Frickhinger, H. W., Leitfaden der Schädlingsbekämpfung. 396 Seiten mit 303 Abbildungen im Text und 8 mehrfarbigen Tafeln. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H. Stuttgart. 1946.

Der große Anklang, den der Frickhingersche Leitfaden gefunden hat, hat den Verfasser veranlaßt, den Untertitel („für Apotheker, Drogisten, Biologen und Chemiker“) fallen zu lassen. Das Buch hat seine Eignung erwiesen für alle jene Kreise, die sich mit Schädlingsbekämpfung und Pflanzenschutz zu befassen haben.

Die zweite Auflage ist wesentlich erweitert durch Berücksichtigung einer Reihe von Schädlingen, die in der ersten Auflage fehlten: Besonderes Augenmerk wurde auf die Verbesserung und Vermehrung der Bebilderung des Buches (die Zahl der Textfiguren stieg von 230 auf 303 und die der farbigen Tafeln von 1 auf 8) gelegt, wodurch die Anschaulichkeit des Textes wesentlich gehoben wurde.

Die neuen revolutionierenden Bekämpfungsmittel konnten, da sie noch nicht genügend erprobt waren, leider nur andeutungsweise erwähnt werden. Über diese wird in der nächsten Auflage, die, wie wir hören, bereits in Vorbereitung ist, eingehend berichtet werden. Das Buch ist für die große Praxis, die mit der Schädlingsbekämpfung irgend etwas zu tun hat, ein unentbehrlicher Führer und Ratgeber. K. E.

Neue Literatur

Eingesandt von Anfang 1943 bis Anfang 1949

- Abderhalden, E.**, Archive der Deutschen Akademie der Naturforscher. Halle 1943.
- Andersen, Karl**, Determination in der Embryonalentwicklung. Festschrift Kardinal Faulhaber. 1949.
- — Ökologie und Pflanzenschutz. Geistige Arbeit 9, 1942.
 - — Der Hopfen- oder Maiszünsler (*Pyrausta nubilalis* Hübn.). Untersuchungen über Biologie, Ökologie und Bekämpfungsmöglichkeiten in Hopfengärten. 1. und 2. Mitteilung. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 20, Heft 1 und Heft 11/12, 1942/43.
- Ausschuß zur Rettung des deutschen Laubwaldes** (Wilhelm Münker): Gerichtstag im Walde (Die Waldwesen klagen an) — Einfluß der Waldform auf Tier- und Vogelschutz — Um die Seele des deutschen Waldes.
- Becker, Günther**, Prüfung von Textilien auf „Termitenfestigkeit“. Melliland, Textilberichte. Heidelberg 1942.
- — Sinnesphysiologische Untersuchungen über die Eiablage des Hausbockkäfers. Ztschr. f. vergl. Physiol. 30, 1944.
 - — Verfahren und Ergebnisse der Prüfung von Holzschutzmitteln gegen Insekten. Nachrichtenbl. f. d. deutsch. Pflanzenschutzdst. Jahrg. 1 (Neue Folge), 1947.
 - — **Gasda, Georg** und **Theden, Gerda**, Versuche über den Vorgang der Schutzsalzeindringung in Holz und seine Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit. Holzforschung, 1947.
 - — Über Kastenbildung und Umwelteinfluß bei Termiten. Biolog. Zentralbl. 67, 407—444, 1948.
- Bergold, G.**, Über Polyederkrankheiten bei Insekten. Biolog. Zentralbl. 63, 1943.
- Blunck, H.**, Ameisen als Rosenschädlinge. Anz. f. Schädlingsskde. 19, 1943.
- — Die große Pflaumenlaus *Brachycaudus cardui* L. im Schutz der Rasenameise *Lasius niger* L. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 55, 1948.
- Börner, C.**, Die Grundlagen meines Lepidopterensystems. Verh. VII. internat. Kongr. Entom., Weimar 1939.
- — Parasitäre Spezialisierung und pflanzliche Immunität nach Untersuchungen an der Reblaus. Ebenda.
 - — Anfälligkeit, Resistenz und Immunität der Reben gegen Reblaus. Ztschr. hygien. Zool. und Schädlingsskde., 1939.
 - — Neue Gattungen und Arten der mitteleuropäischen Aphidenfauna. Arb. physiol. und angew. Entom. 6, 1939.
 - — Neue Blattläuse aus Mitteleuropa. Selbstverlag, 1940.
 - — Weitere neue europäische Blattlausarten. Veröffentl. aus dem Deutsch. Kolonial- und Übersee-Museum in Bremen 3, 1942.
 - — Die Anfälligkeit der Unterlagsreben gegen die Reblaus. Wein und Rebe, 1942.
 - — Die Frage der züchterischen Bekämpfung der schwarzen Blattläuse der Kirschen. Ztschr. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 53, 1943.
 - — Blutlausimmune Naumburger Edelapfelzüchtungen. Ebenda
 - — Die ersten reblausimmunen Rebenkreuzungen. Angew. Botanik 25, 1943.
 - — Wirtswechsel der Schlupfwespe *Dioepilus capito* zwischen den Larven von Rapsglanzkäfer und Kohlblatttrüßler. Ztschr. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 52, 1942.
 - — und **Bramstedt, F.**, Über ein Freilandausleseverfahren auf Blutlausfestigkeit von Apfelsämlingen. Forschungsdienst, Organ der deutschen Landbauwissenschaft 7, 1939.
 - — und **Schilder, F. A.**, Untersuchungen zur Anerkennung von Unterlagsorten für den Pfropfrebenbau. Mittlg. Biol. Reichsanst., 1941.
- Braun, W.**, Heutiger Stand der Bekämpfung der Maikäfer und Engerlinge. Schweiz. Landw. Monatshefte 24, 1946.
- Brauns, A.**, Der Nonnenfalter, ein forstlicher Großschädling in Fichten- und Kiefernarrevieren, seine Überwachung und Bekämpfung. Verh. d. Naturforsch. Vereins in Brunn 75, 1944.

- Butovitsch, V.**, Undersökning över en härjning av videspinnaren (*Stilpnotia salicis* L.) i Västra-Uppland. (Untersuchungen über einen Fraß des Weidenspinners [*Stilpnotia salicis* L.] in West-Uppland.) Medd. Stat. Skogsförsöksanst. Häfte 88, No. 4, 1943.
- — och **Menzell, G.**, Ytterligare bidrag till kännedom om sommarkonservering i skogen av obarkat och barkat taltimmer. Nordl. Skogsvårdsförbunds Tidskr., 1943.
- Büttiker, W.**, Flugzeugbestäubung mit Gesarol gegen Maikäfer und ihre Auswirkung auf die Vogelwelt. Die Vögel der Heimat 18, 1948.
- Ceballos Gonzalo**, Las Tribus de los Hymenopteros de Espana. Fortsetzung S. 113—160.
- Dauberschmidt, K.**, Zur Flugzeugbekämpfung des Maikäfers. Forstw. Centralbl., 1944.
- — Flugzeugbekämpfung durch Flugzeugvernebelung. Ebenda, 1943.
- De Wilde, J.**, De Koolvlieg en Zijn Bestrijding. Mededel. van de Tuinbouwvoorlichtingsdienst Nr. 45, 1947.
- Eggers, F.**, Erinnerungen an Julius von Kepnel. Korrespondenzbl. des Naturforschervereins zu Riga 64, 1942.
- Entomologisk Tidskrift**, Jahrg. 65, Häfte 3—4, Stockholm 1944.
- — Jahrg. 68, Stockholm 1948.
- Eos**, Revista española de Entomologia 18, 1942. Instituto español de Entomologia, Madrid.
- Eymelt, Hans**, Beitrag zur Kenntnis der Schmarotzer von *Vanessa urticae* L. Mittlg. der Sammelstelle für Schmarotzerbestimmung (H. Stadler).
- Festschrift** zum 60. Geburtstag des Ministerialdirigenten im Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft Ludwig Schuster. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Heft 1—3, 1943.
- Fenjves, Peter**, Beiträge zur Kenntnis der Blattlaus *Myxus (Myxodes) persicae* Sulz., Überträgerin der Blattrollkrankheit der Kartoffel. Flawil, 1945.
- Flachs, K.**, Über einige an der Humifikation des Mistes sich beteiligende Mücken und deren Larven. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 20, 1942/43.
- Finnland**, Suomen Hyönteistieteellinen Akakauskirja (Annales entomologici Fennici) 9, Nr. 1, Helsinki 1943.
- Fischer, H.**, Die kleine Fichtenblattwespe (*Nematus abietum* Htg.) im Forstamt Eichwald (Ostpreußen). Mittlg. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 1942.
- Forslund, K. H.**, Studier över det lägre djurlivet i Nordsvensk Skogsmark. (Studien über die Tierwelt des Nordschwedischen Waldbodens.) Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 1934, Häfte 34, 1, 281 Seiten.
- Franz, J.**, Läßt sich die notwendige Fangbaumzahl bei Borkenkäferkalamitäten berechnen? Allg. Forstztzchr. 24, 1947
- — Neues zur Bekämpfung des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). Anz. f. Schädlingkunde, 21, 1948.
- — Ökologische Beobachtungen am Buchdrucker (*Ips typographus* L.). Teil I. Zoolog. Jahrb., Abt. Systematik 77, 1948.
- — Über die Erfolgskontrolle beim Arbeiten mit begifteten Fangbäumen gegen Borkenkäfer. Allg. Forstztz Nr. 12, 1948.
- — Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. Forstwissensch. Centralbl. 67, S. 39—48, 1948.
- Frickhinger, H. W.**, Hygiene und Vorratsschutz. Süddeutsche Apotheker-Zeitung, 1942.
- — Schädlingsbekämpfung für jedermann. 247 Seiten mit 175 Textabbildungen. 3. Auflage, 9.—20. Tausend. Leipzig, Helingssche Verlagsanstalt.
- — Nimmt die Zahl der Pflanzenkrankheiten und Schädlinge zu? Frankfurter Zeitung, 9. April 1943.
- — Schäden an Weidenkörben. Deutsche Lebensmittelrundschaу, 1944.
- — Die San-José-Schildlaus und ihre Bekämpfung. Die Umschau, 1944.
- — Der Parkettkäfer und seine Bekämpfung. Der Schädlingsbekämpfer (Dtsch. Ges. für Schädlingsbek. in Frankfurt (Main), Septbr. 1948 (Neue Folge) Nr. 9.
- Friederichs, K.**, Über den Begriff „Umwelt“ in der Biologie. Acta biotheoretica 7, 1943.
- — und **Sturm, H.**, Kiefernspanner und Bodenfeuchtigkeit. Mit Bemerkungen über die Kieferneule. Mittlg. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1942.
- Frisch, K. von**, Christian Konrad Sprengels Blumentheorie vor 150 Jahren und heute. Die Naturwissenschaften 31, 1943.
- — Die Lenkung des Bienenfluges durch Duftstoffe. Deutscher Imkerführer 17, 1943.
- — Versuche über die Lenkung des Bienenfluges durch Duftstoffe. Die Naturwissenschaften 31, 1943.
- — Die Werbetänze der Bienen und ihre Auslösung. Ebenda 30, 1943.

- Frisch, K. von**, Bericht über die am Münchener Institut eingeleiteten *Nosema*-Arbeiten zur Frage der Vorbeugungsmittel, der chemotherapeutischen Bekämpfung und des Beobachtungsdienstes. Deutscher Imkerführer 16, 1943.
- Fulmek, L.**, Wirtsindex der Aleurodiden- und Cocciden-Parasiten. Entom. Beihefte aus Berlin-Dahlem 10, 1943.
- Gäbler, Helm.**, Die wichtigsten forstentomologischen Arbeiten aus den Jahren 1939 bis 1941. Thar. Forstl. Jahrbuch 98, 1942.
- — Nachwirkungen einer Detailbestäubung auf überlebende Nonnenraupen. Forstw. Centralbl. und Thar. Forstl. Jahrbuch, 1943.
 - — Milbe als Eiparasit des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). Nachrichtenbl. f. d. dtsh. Pflanzenschutzdienst 1 (Neue Folge), 1947.
 - — Gefährdet eine Forstbestäubung die Fische? Nachrichtenbl. f. d. dtsh. Pflanzenschutzdienst 1 (Neue Folge), 1947.
- Gartenbauschule Pillnitz**, 25 Jahre Versuchs- und Forschungsanstalt für Gartenbau und Höhere Gartenbauschule Pillnitz/Elbe. Dresd. Verlagsges. KG. Dresden 1947.
- Cörlitz, K.**, Erfahrungen bei der Rapsglanzkäfer- und Fliegenbekämpfung mit Gesarol. „Festschrift Appel“, 1947.
- Gößwald, K.**, Das Straßensystem der Waldameisenarten. Ztschr. f. Morph. und Ökol. 40, 1943.
- — Zur Beilegung der Meinungsverschiedenheiten über den Nutzen der roten Waldameise. Der Biologe 12, 1943.
 - — Ameisenhorste im Massenwechselgebiet von *Diprion pini* L. (Kiefernbuschhorenblattwespe). Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 69, 1943.
 - — Die rote Waldameise und ihre Umwelt. Der Biologe 11, 1942.
 - — Art-, Rassenunterschiede bei der roten Waldameise. Naturschutz, Monatshefte der Freunde der deutschen Heimat 23, 1942.
 - — Zur Prüfung von Vorbeugungs- und Bekämpfungsmitteln gegen Termiten. Anz. f. Schädlingsskde. 19, 1943.
 - — Holzgewinn durch Waldhygiene mittels Vermehrung der roten Waldameise. Der Deutsche Forstwirt 1944.
- Gradojević, M.**, Allgemeine Übersicht über die Entwicklung der forstlichen Entomologie in Jugoslawien. Intersylva, Organe du Centre Internat. de Sylviculture 1, 1940.
- Großkopf, W.**, Entstehung und wirtschaftliche Bedeutung des Humus in einheimischen und tropischen Wäldern. Mittlg. d. Reichsinstitutes für ausländische und koloniale Forstwirtschaft 1, 1944.
- Günthart, E.**, Der Apfelblütenstecher und seine Bekämpfung mit Gesarol. Berichte über Pflanzenschutz. Chemische Fabrik Dr. R. Maag.
- — und **Hännli, H.**, Auch die „neuen Rapsschädlinge“ können wirksam bekämpft werden. Schweiz. Landw. Monatsh. 25, 1947.
- Györfi, J.**, Die *Pissodes*-Arten Ungarns. Erdészeti Kisérletek 44, 1942. (Ungarisch und Deutsch.)
- — Ökologische Untersuchungen aus dem Leben der Hymenopteren. Erdészeti Kisérletek 45, 1943/44.
 - — Die Ergebnisse meiner Schlupfwespenforschungen mit besonderer Berücksichtigung der Zwischenwirtsfrage. Erdészeti Kisérletek 44, 1942.
 - — Die Bedeutung der ungleichaltrigen Mischbestände für den Forstschutz. Erdészeti Kisérletek 47, 1947.
 - — Oriás fenyőhancsászú (*Dendroctonus micans* Kug.) Zálában. Der Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans* Kug.) im Komitale Zala. Erdészeti Kisérletek 48, 1948.
- Härdtl, H.**, Erosion und Pflanzenwuchs an den Hängen des Weichseltales bei Pulawy. Berichte der Landw. Forschungsanstalt Pulawy 1, 1944.
- Heikertinger, Fr.**, Die *Phyllotreta*-Arten des indoaustralischen Faunengebietes (*Col. Chrysom. Hallic.*). Entomol. Blätter 38, 1942.
- — Die *Phyllotreta*-Arten des ätiopischen Faunengebietes (*Col. Chrysom.*). Eine Bestimmungstabelle. Arb. morph. und taxonom. Entom. 10, 1943.
 - — Kann Kontinuität der Tiernamen mit der Prioritätsregel erreicht werden? Zool. Anz. 141, 1943.
 - — Wie arbeitet das Kontinuitätsprinzip in der Nomenklatur? Entom. Ztschr. 56, 1942.
 - — Das Nomenklaturproblem in Botanik und Zoologie. Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft 41, 1943.
 - — Zur Nomenklaturfrage. Bericht über die Tätigkeit der Kommission zur vorläufigen Regelung der zoologischen Nomenklatur. Zool. Anz. 142, 1943.

- Hering, M. E.**, Schmarotzende Raupen. Mittlg. Sammelstelle f. Schmarotzerbestimmung. D.V.D.E.V. (H. Stadler) Entom. Ztschr., 1943.
- Heake, Fr.**, Mechanische und organische Raumordnung. Jahrb. Gesellschaft europäische Wirtschaftsplanung usw., 1942.
- — Holzversorgung Europas. Mittlg. Reichsinstitut f. ausländische und kolon. Forstwirtschaft, 1944
- — Waldzerstörung und Erosion in Algerien. Beiträge zur Kolonialforschung 5, 1944.
- Höfchen-Briefe für Wissenschaft und Praxis.** „Bayer“, Pflanzenschutz-Abteilung. Leverkusen 1948.
- Hölldobler, K.**, Über das Gastverhältnis von *Atemeles* (Col. Staph.) zu *Myrmica* (Hym. Form.). Mittlg. Münch. Entom. Ges. 31, 1941.
- — Die Ameisengrille (*Myrmecophila acervorum* Pz.) in Mainfranken. Entom. Ztschr. 54, 1941.
- — Über ein parasitologisches Problem: Die Gastpflege der Ameisen und die Sympathieinstinkte. Ztschr. f. Parasitologie 14, 1948.
- — Studien über die Ameisengrille (*Myrmecophila acervorum* Pz.) im mittleren Maingebiet. Mittlg. Schweiz. Entom. Ges. 20, Heft 7, 1947.
- Jahn, Else**, Die Bodentiere des Waldes. Zentralbl. f. d. ges. Forst- und Holzwirtschaft 70, Heft 1.
- — Die Polyederkrankheit und andere Ursachen des Massensterbens des grauen Lärchenwicklers im Jahre 1948. Mit 3 Bildtafeln. Nat. Beiträge z. Heimatkunde Kärntens. XII. Sonderheft der Carinthia II. Klagenfurt, Januar 1949.
- Janecek, M.**, *Cybocephalus politus* Germ., ein Feind der San-José-Schildlaus (*Coleoptera, Nitidulidae*). Arbeit physiol. und angew. Entom. 9, 1942.
- Janisch, E.**, Mischinfektionen bei Nonnenraupen. Arb. Physiol. und angew. Entom. Berlin-Dahlem 9, 1942.
- — und Roegner-Aust, S., Der Erreger der Polyederkrankheit bei Nonnenraupen. Nachr. Deutscher Pflanzenschutzdienst 1943.
- Judenko, E.**, Bemerkungen über die Biologie und die Bekämpfung des Grünen Dickbauchs (*Gastroidea viridula* Deg.). Aus dem Institut der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt des Generalgouvernements, 1943.
- — Vergleichende Versuche mit einigen Geräten zur Bekämpfung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* L.). Ebenda.
- Kangas, E.**, Kuusikoiden Kuivumisesta Metsätuho-Ja Metsänhoidollisena Kysymyksenä. (Über die Vertrocknung der Fichtenbestände als Waldkrankheit-Waldbaufrage.) Helsinki 1946.
- — Eine neue *Megastigmus*-Art (Hym. Chalcididae) als Samenschädling an *Abies sibirica*. Suomen Hyönteistieteellinen Aikakauskirja. — Ann. Entom. Fennici 11, 1945.
- — Biologische Beobachtungen und Zuchtversuche an einigen Tenthrediniden (Hym.) II. Suomen Hyönteistieteellinen Aikakauskirja. — Ann. Entom. Fennici 11, 1945.
- — Dasselbe III. Ebenda 12, 1946.
- — Über die Gattung *Abia* Leach (Hym., Tenthred.) im Lichte ihrer europäischen Arten. Ebenda 12, 1948.
- Kaufmann, O.**, Über Reaktionen der schossenden Rapspflanze auf Rapsglanzkäferfraß und andere Schäden. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 52, 1942.
- Kelen, S. v.**, Einige Zahlen aus der Lebensgeschichte des Baumweißlings (*Aporia crataegis* L.), des Goldafters (*Euproctis phaeorrhoea* Don.) und des Ringelspinners (*Malacosoma neustria* L.). Aus dem Forschungsinstitut für Pflanzenschutz der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt des Generalgouvernements, 1943.
- — Über brasilianische Mallophagen. Arb. Morphol. und taxon. Entom. 10, 1943.
- — Bestimmungstabelle der Überfamilie *Trichodectioidea* (Mallophage). Stett. Entom. Ztg. 105, 1944.
- — Die wichtigsten Getreidefliegen und Getreideblasenfüße, deren Erkennung und wirtschaftliche Bedeutung. Berichte der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt des Generalgouvernements in Pulawy 1, 1942.
- Kirchner, H.-A.**, Weitere Versuche über den Einfluß des Lebensraumes auf die Stabheuschrecke (*Carausius morosus*). Anz. f. Schädlingskde. 18, 1922.
- Klatt, B.**, 30 Jahre Inzucht beim Schwammspinner. Zool. Anz. 144, 1944.
- Koch, Anton**, Begriff und Bedeutung der Symbiose. Mikrokosmos 38, 1948.
- Koller, Gottfried**, Der Stand der Hormonforschung. Wissenschaft der Zeit, 1948.
- — Rhythmische Bewegung und hormonale Steuerung bei den malphigischen Gefäßen der Insekten. Biol. Zentralbl. 67, 1948.

- Komárek, J.**, Forstentomologisches und andere Beobachtungen über das Tannensterben in Böhmen, Mähren und den Karpathenländern. Thar. Forstl. Jahrbuch 93, 1942.
- Konlechner, H.**, Dr. Fritz Zweigelt, 30 Jahre an der Klosterneuburger Lehranstalt tätig. Das Weinland, 1942.
- König, Paul**, Zum Geleit! Herrn Oberregierungsrat Dr. Friedrich Zacher zum 60. Geburtstag am 18. Juni 1944.
- Kratechvíl, J.**, *Argyresthia laevigatella* H.S. Acta Societat. Scient. Natur. Moraviae 15, 1943.
- Kuene, D. J.**, Het Fruitspint en Zijn Bestrijding. Mededeelingen van den Touinbouwvoorlichtingsdienst Nr. 44, 1946.
- Kuhn, W.**, Zur Bekämpfung der Fichtenborkenkäfer. Erfahrungen und Anregungen. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen.
- Kullenberg, B.**, Studien über die Biologie der Capsiden. Zoologiska Bidrag från Upsala 23, 522 S. mit 25 Taf., 1944.
- Kurir, A.**, Einflüsse abiotischer Umweltfaktoren auf den Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) im Estadium während der Winterdiapause. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 1943.
- — Kartographisch dargestellte Massenvermehrungsgebiete der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in Österreich von 1888 bis 1946. Ebenda.
 - — Wichtige forstschädliche Insekten. Wien 1947.
 - — Die Massenvermehrungsgebiete des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Kroatien. Schriftenreihe des Südostinstitutes für Wald- und Holzforschung der Hochschule für Bodenkultur. Wien 1944.
 - — Schrifttumsnachweis über die angewandte und theoretische Entomologie Kroatiens. Ebenda.
 - — Zur Biologie des *Pteromalus puparum* L., Parasit der *Pieris brassicae* L. Zentralbl. f. d. ges. Forst- und Holzw. 70.
 - — Eiablage und Ausschlüpfen der Eirauen des Baumweißlings (*Aporia crataegi* L.). Zentralbl. f. d. Gesamtgebiet der Entom. 1, 1946.
 - — Ursache und Entstehung von Insektenkalamitäten. Allg. Forst- und Holzwirtschaft. Ztg. 57, 1946.
 - — Nagekäfer (*Anobiidae*) als technische Schädlinge des verarbeiteten Holzes. Das wirtschaftliche Sägewerk. Wien 1946.
 - — Massenaufreten der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in den östlichen Alpen (Steiermark). Allg. Forst- und Holzwirtschaft. Ztg. 57, 1946.
 - — Waldstation für Nonnenforschung und -bekämpfung. Ebenda.
 - — Moderne Schädlingsbekämpfung in der Land- und Forstwirtschaft. DDT-Nervengift für Insekten. Ebenda 58, 1947.
 - — Auftreten der Buchenblattbaumlaus (*Phyllaphis fagi* L.) auf der Rotbuche in Weidlingbach und Umgebung im Jahr 1946. Ebenda.
 - — Buchdrucker (*Ips typographus* L.) — Kalamität im Raume von St. Valentin und Amstetten 1946/47. Ebenda.
 - — Lärchenwickler (*Semasia diniana* Gn.) — Gradation in Kärnten 1947. Ebenda.
 - — Zerstörungswerk der Nonnenraupen in den Gebirgswäldern der Nordsteiermark. Natur und Technik, 1947.
- Läuger, P., Martin, H. und Müller, P.**, Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und insektentötenden Stoffen. Helvetia Chimica Acta, Vol. XXVII.
- Lindemuth, K.**, Auftreten von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen. Vergleichende Übersicht über die Stärke des Auftretens in den Jahren 1937 bis 1942. Wochenblatt der Landesbauernschaft Schleswig-Holstein 10, 1943.
- Lindner, Helmut**, Dringlichkeitsantrag an den Bayerischen Landtag zur Errichtung eines Staatskommissariats für Schädlingsbekämpfung zur Sicherung der Bayerischen Ernährungswirtschaft. Januar 1948.
- Locust control by Aircraft in Tanganyika.** By L. Gunn, H. A. F. Lea, D. H. Botha, S. Callaway, J. R. Clackson, A. Immelman, J. J. Taljaard and J. Ward. Anti-Locust Research Centre. London 1948.
- Lotmar, Ruth**, Die Metamorphose des Bienendarms (*Apis mellifica*). Beiheft 10 zur Schweiz. Bienen-Ztg. H. 1, 1946.
- Maag, A. G.**, Versuche und Erfahrungen zur Maikäfer- und Engerlingbekämpfung mit Hexachlor-cyclohexan-Präparaten 1948. Technischer Orientierungsdienst Maag Nr. 18 (14. 2. 1949).
- — Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung im Obstbau, Weinbau, Gartenbau und Feldbau. — Mittlg. der Dr. R. Maag A. G. Dielsdorf-Zürich Nr. 75, 1949.
- Maag, R.**, Schädlinge an Zierpflanzen. Verlag Chemische Fabrik Dr. R. Maag. Zürich 1947.

- Maag, R.**, Schädlinge unserer Kulturen und ihre Bekämpfung. Ebenda.
 — — — Mitteilungen der ehem. Fabrik R. Maag, Dielsdorf-Zürich Nr. 46 (Dez. 1944).
Malac, A., Nova Chalcida z Moravy. Eine neue Chalcida aus Mähren. Folia entom. 6, 1943.
Marcus, Harry, Un Organo de estridulacion en Hormigas y Termitas. Folia Universitaria. Bolivia 1948.
 — — — Los Estados Biologicos. Ebenda.
 — — — Estructuras Singulares de *Dmijapyx Marcusi* (Silv.). Ebenda.
 — — — Los Organos de Copulation de *Acromyrmex*. Ebenda.
 — — — De la Evolucion de los Organos Respiratorios en los Insectos Holometabolicos. Ebenda.
 — — — La Embriogenesis de *Aethalion*, Termitas y Hormigas con una Comparacion de la Anatomia de los Insectos y Vertebrados. Ebenda.
 — — — En la altitud se aumenta el Tejido del Pulmon. Ebenda.
 — — — El Calor y los insectos. Ebenda.
 — — — Nota suplementaria sobre la polimorfia y castracion. Ebenda.
 — — — La variacion de altura melanotica de *Camponotus conspurcus*. Ebenda.
 — — — En la altitud se aumenta el Tejido del Pulmon. — Folia Universitaria Nr. 2. Cochabamba 1948.
 — — — Sobre organos de sentido dudoso, quizas higrometros. Ebenda.
Martin, Henri, Contribution a l'etude des Silphes de la bettetave en Suisse. Bern 1945.
Meyer, E., Weitere Untersuchungen zur Rapsglanzkäferbekämpfung mit chemischen Mitteln. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 53, 1943.
Menzel, R., Über das Vorkommen freilebender und semiparasitischer Nematoden an den Wurzeln der Weinreben. Verh. Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft, 1942.
 — — — Neue Untersuchungen an der Reblaus. Schweiz. Ztschr. f. Obst- und Weinbau 52, 1943.
Merkenschlager, F., Phytopathologisches Kolloquium zur Gattung der Kohlgewächse (Pflanzenschutz-Repetitorium für Fortgeschrittene). Weihenstephan 1948.
 — — — Pflanzenschutz im Obstbau. Examensfragen I. (Wurmstichdiagnostik). Weihenstephan 1947.
 — — — Pflanzenschutz im Obstbau. Examensfragen II. (Zur Diagnostik der Läuse Schäden.) Weihenstephan 1947.
 — — — Das Gesarol und die Hexaschutzmittel im Obstschutz. (Examensfragen III.) Ebenda.
 — — — Schmetterlinge als Obstschädlinge (Obstschutz). (Examensfragen IV.) Ebenda.
 — — — Käfer als Obstschädlinge. (Examensfragen V zum Obstschutz.) Ebenda.
 — — — Apfel-Examen im Obstkeller (Diagnostik der Lagerkrankheiten). Examensfragen VIII zum Obstschutz. Ebenda.
 — — — Im Grenzland der Pomopathologie. (Examensfragen XII zum Obstschutz.) Weihenstephan 1947.
 — — — Pflanzenschutz-Repetitorium für Fortgeschrittene. Vergleichende Phytopathologie der gärtnerischen Leguminosen. Weihenstephan 1948.
 — — — Zur Pathologie der Gurkenverwandschaft. Ein Zwiegespräch. (Pflanzenschutz-Repetitorium für Fortgeschrittene.) Ebenda.
Minkiewicz, St., Die Apfelgespinnstmotte (*Hyponomeuta padellus* ssp. *biol. malinellus* Zell. (Morphologie, Biologie und Bekämpfung). Ber. d. Landwirtsch. Forschungsanstalt des Generalgouvernements in Pulawy 1, 1942.
Morstatt, H., Krankheiten und tierische Schädlinge der Nutzpflanzen Afrikas (unter Mitwirkung von D. Horst Klaus). „Afrika“ Band VIII, S. 553—700, mit 54 Textabbildungen. Berlin, Walter de Gruyter & Co., 1942.
Morgenthaler, O., Das jahreszeitliche Auftreten der Bieneneseuchen. Beihefte zur Schweiz. Bienen-Ztg. 1, Heft 7, 1944.
Neuheiten auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes. Herausgegeben von der Biol. Reichsanstalt, Zweigstelle Wien 36, Folge 5 und 6.; 37, Folge 1—8, 1943 und 1944.
Niklas, Ottfr., Die Weiterentwicklung des Stäubeverfahrens in der Malaria bekämpfung seit 1931. Tropenhyg. Schriftenreihe Heft 10, 1943.
 — — — Die Lebensweise der Raupenfliege (*Parasetigena segregata* Rond.) in der Rominter Heide im Hinblick auf eine biologische Bekämpfung der Nonne. Monogr. z. angew. Entomologie Nr. 15, 1943.
 — — — Schlupfwespen und Nonne in der Rominter Heide 1933—1936. Ebenda.
 — — — Die Wirkung der Nonnenbegiftung auf die Kerbtierwelt. Ebenda.
 — — — Schmarotzer und Nonne in der Rominter Heide 1933—1937. Tharandter Forstl. Jahrbuch 93, 1942.
Nolte, H. W., Neue Erfahrungen zur Dykschen Nonnenanlockungsmethode. Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 66, 1944.

- Nolte, H. W.**, Freilandversuche mit Delicia-Stäubemitteln, Forststäubol II u. III gegen Nonnenraupen. Thar. Forstl. Jahrbuch 92, 1941.
- — Sammelfehler beim Probieren zur Nonnenprognose. Ebenda 93, 1943.
- Palmen, E.**, Die anemohydrochore-Ausbreitung der Insekten als zoogeographischer Faktor. Mit besonderer Berücksichtigung der baltischen Einwanderungsrichtung als Ankunfts- und Weg der fennoskandischen Käferfauna. Annal. Zoolog. Soc. Zool. Botan. Fennicae Vanamo 10, 252 S. Helsinki 1944.
- Pape, H.**, Wickler als Gloxinieschädling. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 53, 1943.
- — Eulenraupen als Zerstörer der Blüten- und Fruchtstände des Löwenmauls. Deutsche Gärtnerbörse 40, 1941.
- — Der Maiszünsler (*Pyrausta nubilalis* Hübn.) als Hopfenschädling. Anz. f. Schädlingskde. 19, 1943.
- Pfeffer, A.**, Notulae ipidologicae V. Symbolae ad cognitionem generis *Crypturgus* Erichs. Sbornik. entom. odd. Zem. Musca v Praze 20, 1942.
- — Beitrag zur Kenntnis des Verbreitung einiger Arten der Gattung *Ips* Deg. in Böhmen und Mähren. Lesnická práce 21, 1942.
- — O průběhu pokolení evropských kůrovců. (Die Generationsverhältnisse der europäischen Borkenkäfer.) Lesnická práce 22, 1943.
- Prell, H.**, Der Lärchenblasenfuß (*Taeniothrips laricivorus* Krat.) und das Lärchenwipfelsterben. Tharandter Forstl. Jahrbuch 93, 1942.
- — Kampf dem Borkenkäfer. Einführung in die Kenntnis von Lebensweise und Bekämpfung des Buchdruckers oder großen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.). Neumann-Verlag, 1948.
- Rauscher, Herbert.** Unfälle bei Ventox-Durchgasungen und ihre Ursachen. — Der Schädlingsbekämpfer. Sept. 1948.
- Reichenow, E.**, Grundriß der Protozoologie für Ärzte und Tierärzte. 98 S., mit 77 Abb. im Text. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1943. Preis brosch. DM 6,60.
- Richter, R.**, Ist eine unveränderliche Form des Artnamens möglich? Senckenbergiana 25, 1942.
- — Einführung in die zoologische Nomenklatur durch Erläuterung der Internationalen Regeln. Frankfurt a. M. 1943.
- Rieck, Walter.** Borkenkäferbekämpfung mit dem Giftfangstapel. Forst und Holz 4, 1949.
- Rippel, K.**, Zur Frage des Kartoffelabbaues. Landwirtschaftl. Wochenblatt. München 1948.
- Roegner-Aust, Sophia.** Der Infektionsweg bei der Polyederkrankheit der Nonne. Die Naturwissenschaften 34, 1947.
- Rößler, P.**, Die Biologie der Diebsameise (*Solenopsis fugax*) und ihre Verwendbarkeit zur Ameisenbekämpfung. Biol. Zentralbl. 61, 1941.
- — Myrmekologische Mitteilungen 1939. Mitt. der Arbeitsgemeinschaft für Naturwissensch.. in Fortsetzung der „Verhandl. und Mittgl. des Siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften 91—92, 1941—1942.
- — Ameisen aus Siebenbürgen mit der Beschreibung ihrer Lebensweise. Zool. Anz. 144, 1943.
- Saalas, Uuno.** *Aleurodes proletella* L. (*Hem. Aleurod*) in Finnland gefunden. Annal. Entom. Fennici 8, 1942.
- — Zum Auftreten von *Dialeurodes Chittendeni* Laing. (*Hem. Aleurod*.) in Finnland. Ebenda.
- — Eine neue Mottenlaus, *Aleurodes campanulae* n. sp. (*Hem. Aleurod*.) Ebenda.
- — Über den Anteil finnischer Forscher an der entomologischen Erschließung Ostkareliens und Kola-Lapplands. Ebenda.
- — *Parasarcophaga aratrix* Pand. (*Dipt.*, *Tachinidae*) im Körper von *Prionus coriarius* entwickelt. Ebenda 9, 1943.
- — Professori J. I. Liro †. Ebenda.
- — Professori J. I. Liro 70-vuotias. Suom. Hyönteistieteilin Akakauskirja 8, 1943.
- — Über die von finnischen Entomologen in das Ausland unternommenen Forschungs- und Studienreisen. Ebenda.
- Scharkowski, H.**, Flieger schützen unseren Wald. Luftwelt 10, 1943.
- Schedl, Karl.** Die Nonnengradation in Österreich. Österr. Forst- und Holzwirtschaft 3, 1948.
- Schimitschek, E.**, Anleitung zur Bekämpfung des achtzähligen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.) im Winterausgang und im Frühjahr. Beilage zu Österr. Forst- und Holzwirtschaft 2, 1947.
- — Anleitung zur Sommerbekämpfung des achtzähligen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.). Ebenda.

- Schimitschek, E.**, Anleitung zur Frühjahrs- und Sommerbekämpfung des achtzähligen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.). Ebenda 3, 1948.
- — Anleitung zur Winterbekämpfung des achtzähligen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.). Ebenda 2, 1947.
- — Borkenkäferbekämpfung in Niederösterreich im Jahre 1947. Österr. Forst- und Holzwirtschaft 3, 1948.
- — Urwald Rotwald. Führer zur Exkursion 1948 des Niederösterreichischen Forstvereins, Wien 1948.
- — Bioklimatische Beobachtungen und Studien bei Borkenkäferauftreten. Wetter und Leben Heft 4, 1948.
- — Bioklimatische Beobachtungen und Studien bei Borkenkäferauftreten. II. Teil. Wetter und Leben Heft 4, 1948.
- Schmidt, Erich**, *Calopteryx* versus *Agrius*; Again? (*Odonata*). Entom. News 59, 1948.
- — *Libellula Melli* n. sp., eine der *L. depressa* L. verwandte neue Art aus China. Opuscula Entom., 1948.
- — *Pyrrhosoma Elisabethae* n. sp., eine neue Odonaten-Art aus Griechenland. Opuscula Entom. 1948.
- Schneider-Orelli, O.**, Bienenweide und Schädlingsbekämpfung. Schweiz. Bienen-Ztg. Beiheft 9, 1945.
- — Land- und forstwirtschaftliche Entomologie. Festschr. zur 200-Jahr-Feier der Naturf. Ges. in Zürich (1746—1946). Zürich 1946.
- — Weitere *Dreyfusia*-Untersuchungen. Mittlg. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 24, 1945.
- — Borkenkäferkalamitäten im Walde. Prisma 2, 1947.
- — Untersuchungen über Auftreten und Überwinterung des Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.). Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen Nr. 3, 1947.
- — Biologische Gesichtspunkte bei der Bekämpfung schädlicher Insekten im Pflanzenbau. Schweiz. Landwirtsch. Monatshefte 24, 1946.
- — Über den heutigen Stand der Schädlingsbekämpfung in der Land- und Forstwirtschaft. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, 1944.
- — Die Maikäferflugjahre in der Schweiz nach dem Stand der Untersuchungen von 1948. Schweiz. Ztschr. Obst- und Weinbau 1948.
- — und **Braun, W.**, Die Grenzverschiebungen zwischen Berner- und Urnerflugjahrsgebieten des Maikäfers in der Umgebung von Zürich. Bern. Schweiz. Botan. Ges. 53 A, 1943.
- — und **Kuhn, W.**, Weitere Untersuchungen in schweizerischen Borkenkäferherden. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen 1948.
- — und **Maksymov**, Neue Ergebnisse in der Bekämpfung des Weißtannenborkenkäfers (*Ips curvidens*). Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen 1940, Nr. 2/3.
- Schwangart, Fr.**, Tierpsychologie. (Zusammenfassendes Referat). Fortschritte und Forschungen 20, 1944.
- Schwerdtfeger, F.**, Die Ursachen von Borkenkäfer-Epidemien in Fichtenwäldern. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft 12, 1948.
- — Dürretrocknis. Forst und Holz Nr. 17, 1948.
- — Forstpathologie bzw. Forstschutz als Forschungs- und Lehrfach. Der Deutsche Forstwirt, 1944.
- — Die Waldkrankheiten. Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 476 S., 230 Abb. Berlin, Paul Paray, 1944. Preis geb. DM. 24.—.
- — Engerlingbekämpfung durch Vollumbruch. Merkbl. Nr. 5 des Institutes für Waldschutz in Eberswalde, 1943.
- — Der Borkenkäfer in Nordwestdeutschland. Allg. Forstztschr. Nr. 5, 1946.
- — In eigener Sache. Ebenda Nr. 8, 1946.
- — Kahlhiebs, Kulturplanung und Forstschutz. Forst und Holz 1, 1946.
- — Krankheiten und Schädlinge der Pappeln. Eine Übersicht aus neuerem französischem Schrifttum. „Das Pappelbuch 1947“, Verlag Schaper, Hannover.
- — Chemische Verfahren der Borkenkäferbekämpfung. Forst und Holz 2, 1947.
- — Bekämpfung des Kiefernspinners (*Dendrolimus pini* L.) durch Bestäubung. Nachrichtenblatt f. d. dtsoh. Pflanzenschutzdienst 1 (Neue Folge), 1947.
- Seeholzer, M.**, Physikalisches und biologisches Denken im Waldbau. Forstwissenschaftl. Centralbl. 65, 1943.
- Slegrist, Hans**, Untersuchungen über die Lauchmotte (*Acrolepia assectella*) und ihre Bekämpfung. Olten, Verlag Otto Walter, 1945.

- Sigmund, Joh.**, Vogelschutz im westlichen Sudetenland. Natur und Heimat 1943/44, Heft 2.
- Stadler, H.**, Seltsame Monstrosität einer Fliege. (*Lycia rorida* Fall.). Entom. Ztschr., 1943.
- Stammer, H. J.**, Ökologie. Drei Berichte über die Jahre 1939, 1940 und 1941. Fortschritte der Zoologie (Neue Folge) 5, 6 und 7, 1940, 1941 und 1942.
- Steiner, G.**, Methodische Untersuchungen über die Geruchsorientierung von Fleischfliegen. Ztschr. f. vergl. Physiologie 30, 1942.
- Die neuen Kontaktinsektizide der DDT-, Hexa-E-Gruppe. Anz. f. Schädlingskde. 21, 1948.
- Tembrock, G.**, Die geographische Verbreitung der afrikanischen Termiten. Beitrag zur Kolonialforschung Bd. VI, 1944.
- Thalenhorst, Walter**, Über die Ursachen der Entstehung von Neuinfektionen durch den Buchdrucker. Forst und Holz 3, 1948.
- Die derzeitige Borkenkäferkatastrophe in Deutschland. Eine vorläufige Übersicht über das neuere Schrifttum. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 55, Heft 9/10, 1948.
- Ein neues Verfahren zur Flugzeug-Schädlingsbekämpfung. Ztschr. für Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz 55, 1948.
- Thienemann, August**, Vergleichende Beobachtung und Experiment in der Biologie. Studium Generale 1, 1948.
- Lebewesen und Wesen des Lebens. Universitas 3, Heft 10, 1948.
- , Waßmund, Erich (2. VIII. 1902—28. IV. 1945). Ein deutsches Forscherleben. Plön 1948.
- Wissenschaft in Notzeit. „Blick in die Wissenschaft“ Heft 1, 1948.
- Titschack, E.**, Das zoologische Museumsmaterial und seine Benutzbarkeit. Einige Worte zu den Ausführungen von H. Weidner. Der Biologe 11, 1942.
- und **Schmalzfuß, H.**, Was befähigt die Kleidermotte Wolle zu verwerten? Biochem. Ztschr. 318, S. 393—400, 1948.
- Thomsen, Ellen**, An experimental and anatomical study of the corpus allatum in the blow-fly *Calliphora erythrocephala* Meig. Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening 106. Copenhagen 1942.
- Tóth, László**, Der Darmkanal der Collembolen. Arbeit des Ungar. Biol. Forschungsinstitutes 14, 1942.
- Embryologische Untersuchungen an *Kalotermea flavicollis*. Ebenda 15 1943.
- **Wolsky, A.** und **Batori, M.**, Stickstoffbildung aus der Luft bei den Aphiden und bei den Homopteren. Ztschr. f. vergl. Physiol. 30, 1942.
- Umfrage** an die schweizerischen Forstämter über das Auftreten der gefährlichen Weißtannenlaus (*Dreyfusia nusslii*). Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen Nr. 12, 1944.
- Ungarn** — Folia entomologica Hungarica 8, 1943, Fasc. 1—4.
- Vietinghoff-Biesch, Arnold Frh. von**, Die staatlich anerkannte Vogelschutzwarte Niedersachsen. Hannover, Landbuch-Verlag, 1948.
- Voute, A. D.**, Classification of factors influencing the natural growth of a population of insects. Acta biotheoretica 7, 1943.
- Wahl, Br.**, Über Timotheegrasfliegen. Arb. phys. und angew. Entom. 10, 1943.
- Wädbyl, H.**, Zurück zum Kontinuitätsprinzip. Entom. Ztschr. 56, 1942.
- Wappes, Wald** und Volksernährung. Ber. Tagung der Landesgruppe Brandenburg des Deutschen Forstvereins, 1942.
- Wellenstein, G.**, Anregungen und Versuche zur Verbesserung der Borkenkäferbekämpfung. Ztschr. Forst- und Jagdwesen, 1942.
- Feststellung des Engerlingbefalls als notwendiger Bestandteil der Kulturplanung. Deutsche Forstzeitung 1943.
- Neuzzeitliche Forstschädlingsbekämpfung. Film und Bild, 1943.
- Westhoff, V.** en **Weshoff de Jonchere, J. N.**, Verspreiding en Nestoecologie van de Mieren in de Nederlandsche Boschen. Tijdschr. over Plantenziekten, 1942.
- Weyer, F.** und **Zumpt, J.**, Gesundheitsschädliche Insekten und Spinnentiere der warmen Länder. 103 S. mit 20 Abb. Zweite verb. Aufl. Hamburg, Verlag Fr. W. Thaden, 1943.
- Williams, Joseph, I.**, The Anatomy of the internal Genitalia of *Fumea Casta* Pallas (Lepidopt.: *Psychidae*). Transactions of the American Ent. Soc. 73, 1947.
- The Comparative anatomy of the internal Genitalia of some *Tineoidea* (Lepidoptera, *Gracillariidae-Tischeriidae*). The Proc. of the Royal Ent. Soc. of London, Ser. A. General Entomology 22, 1947.
- Wundriga, G.**, Der Kornkäfer — ein Feind unseres Kornes. Forschungsdienst, Organ der dtsh. Landwirtschaftswissenschaft 16, 1943.

- Zacher, Fr.**, Ein Weidenkorb und seine Lebensgemeinschaft. Mittlg. Ges. Vorratsschutz 19, 1943.
- Zander, E.**, Leitsätze einer zeitgemäßen Bienenzucht. Verlag der Leipz. Bienen-Ztg. 1942.
- — Bienenkunde im Obstbau. 2., verbesserte Auflage. Stuttgart, Verlag von Eugen Ulmer, 1943. Preis brosch. DM. 1,20.
 - — Zeitgemäße Bienenzucht. Heft 1. Bienenwohnung und Bienenpflege. Sechste, durchgesehene Auflage. Flugschr. d. Deutschen Ges. f. angew. Entom. Nr. 5. Berlin, Paul Parey, 1944.
 - — Zeitgemäße Bienenzucht. Heft 2. Zucht und Pflege der Bienenkönigin. Sechste, durchgesehene Auflage. Mit 40 Abbildungen. Ebenda Nr. 76. Berlin, Paul Parey, 1944.
 - — Krankheiten und Schädlinge der erwachsenen Bienen. Vierte, neubearbeitete Auflage. (Teil II des Handbuches der Bienenkunde in Einzeldarstellungen.) Mit 77 Abbildungen. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
 - — Immen und Imkeri. Ein Wegweiser zu den Quellen zeitgemäßer Bienenpflege und Bienenzucht. Stuttgart, Eugen Ulmer, 1943.
 - — Die Harmonie des Bienenlebens und ihre praktische Bedeutung. Badische Bienenzeitung 3, 1943.
- Zweigelt, Fr.**, Problema producătorilor directi. Romania Viticola, 1942.
- — Heuer ist Maikäferflug. Das Weinland, 1942.
 - — Neues vom Maikäfer. Ebenda.
 - — Ludwig Linsbauer, Ber. dtsh. botan. Gesellschaft 49, 1942.
 - — Beiträge zur Kenntnis der Blattlausgallen. Biologia generalis 16, 1943.
 - — Die rote Spinne in Rumänien. Das Weinland, 1943.
 - — Ministerialdirigent Ludwig Schuster 60 Jahre alt. Ebenda.
 - — Fritz Voboril †. Ebenda.
 - — Die Arbeitsgemeinschaft der Weinbauschulen im Donanland und Südmark. Ebenda.
 - — Die Direktträgerfrage im Lichte des europäischen Weinbaues. Ebenda.
 - — Die Gallbildung im Lichte der Spezialisierung und Immunität. Biologia generalis 16, 1943.
- Zwölfer, W.**, Anweisung zur Winterbekämpfung der Fichtenborkenkäfer. Allg. Forstzeitschr. Nr. 7, 1946.
- — Zur Lebensweise und Bekämpfung unserer wichtigsten Fichtenborkenkäfer. Ebenda, Nr. 2.

Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München

Der große Tannenborkenkäfer, unter Berücksichtigung seiner beiden Verwandten und der Brutbaumdisposition

***Pityokteines curvidens* Germ., vorontzowi Jakobs.
und *spinidens* Reitt.**

Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung der Gattung *Pityokteines*
Fuchs (*Coleoptera Ipsidae*) ¹⁾

Von

Dr. rer. nat. GUSTAV-DIETRICH KRAEMER, München

Mit 31 Abbildungen und 11 Tabellen

Inhalt:

A. Einleitung. 1. Vorbemerkungen. 2. Literatur. 3. Lage der Versuchstationen. S. 350.

B. Zur geographischen Verbreitung und Systematik der Gattung *Pityokteines*. 1. Geographische Bedeutung. 2. Bestimmungstabellen nebst kritischen Bemerkungen. S. 354.

C. Bionomie und Phänologie von *curvidens* Germ. 1. Bruthölzer. 2. Generationsverhältnisse. 3. Fraß. a) Bilder des Fraßes an verschiedenen Bruthölzern. b) Stammholzfraß. 4. Wirkung des Fraßes auf den Baum. 5. Schwellenwerte für das Schwärmen. 6. Natürliche Widerstände. a) Abiotische Faktoren. b) Biotische Faktoren. c) Parasiten aus Larven der Gattung *Pityokteines*. S. 358.

D. Bionomie und Phänologie der Verwandten (*P. vorontzowi* Jakobs und *spinidens* Reitt.). 1. Bruthölzer. 2. Generationsverhältnisse. 3. Bilder des Fraßes. 4. Natürliche Widerstände. a) Abiotische Faktoren. b) Biotische Faktoren. S. 380.

E. Untersuchungen zur Massenvermehrung von *Pityokteines curvidens* Germ. 1. Fragestellung. 2. Die Massenvermehrung in ihrer Abhängigkeit von physiologischen Veränderungen an der Wirtspflanze. a) Zur Methode und Versuchstechnik. b) Zur Physiologie und Ökologie der Tanne. c) Infektionsversuche. d) Kritische und tödliche Schwächung. 3. Der Vermehrungskoeffizient. a) Theoretischer Vermehrungskoeffizient und Vermehrungsfaktor. b) Nachweis der Ausbreitungsfähigkeit. 4. Ursachen der Massenvermehrung. a) Biozönose. b) Ursachen des Ausbruchs von Kalamitäten bei *curvidens*. 5. Zur Vorhersage einer Kalamität. S. 387.

F. Wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung. 1. Wirtschaftliche Bedeutung. 2. Erkennen des Befalls in stehendem Bestand. 3. Zur chemischen Bekämpfung. 4. Praktische Bekämpfungsmaßnahmen. a) Fangbäume. b) Bekämpfung des Befalls. S. 412.

G. Zusammenfassung. S. 421.

Literaturverzeichnis. S. 423.

Anhang: Tabellen zu den Infektionsversuchen. S. 425.

¹⁾ Das Manuskript wurde im Dezember 1948 abgeschlossen.

A. Einleitung

1. Vorbemerkungen

Im Spätsommer 1947 brachen in Süddeutschland größere Massenvermehrungen von *Pityokteines curvidens* Germ. aus, die sich an einigen Stellen zu gefährlichen Großkalamitäten ausweiteten. Die vorliegenden Erfahrungen zur Lebensweise dieser Art waren lückenhaft und widersprechend, die gegen ihn einzuleitenden Bekämpfungsverfahren, nach dem Stand der bisherigen Kenntnisse, unzureichend. Eine Hauptschwierigkeit boten die im Splintholz der Tanne liegenden älteren Larven und Puppen. Mit den bisher empfohlenen Maßnahmen waren diese praktisch nicht wirksam zu bekämpfen.

Dies gab Veranlassung zur Durchführung der vorliegenden Untersuchung, die Beiträge zur Klärung der ökologischen Fragen liefern sollte¹⁾. Im Verlaufe der Untersuchungen ergaben sich eine Anzahl neuer Problemstellungen zur Bevölkerungslehre von *curvidens*. Nach Auffindung eines praktisch voll wirksamen Bekämpfungsverfahrens wurden daher die weiteren Arbeiten ganz auf die theoretisch und praktisch bedeutsamen Fragen des Massenwechsels gerichtet.

Hauptziel war hier die Klärung zweier Fragen:

1. Läßt sich die Disposition der Tanne für den Angriff der Käfer durch einen meßbaren Wert bestimmen?
2. Welches sind die unmittelbaren und mittelbaren Ursachen für den oft explosionsartig erfolgenden Ausbruch von Kalamitäten bei *curvidens*?

Es stand zu erwarten, daß nach Klärung der ersten Frage, die zweite, für die Kenntnis der Gradation grundlegende, verhältnismäßig leicht zu beantworten war, da schon seit langem die Auffassung bestand, daß eine gewisse Schwächung des Brutbaumes Voraussetzung für den Befall und damit für Massenvermehrungen ist. Deshalb konzentrierten sich die Untersuchungen bald vorwiegend auf die Wechselbeziehungen zwischen Gesundheitszustand der Tanne und Angriff der Käfer.

Nach verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen eine brauchbare Methode zu finden, gelang dies schließlich durch Definierung des Gesundheitszustandes der Rinde mit dem osmotischen Wert des Zellsaftes, der kryoskopisch bestimmt wurde. Durch Infektionsversuche konnte dann die nötige Disposition des Baumes für den Angriff ermittelt werden. Damit war auch ein Nachweis der Ursachen des Ausbruchs von Gradationen bei *curvidens* ohne Schwierigkeit möglich.

Die Untersuchungen wurden im württembergischen Forstamt Schorndorf, östlich Stuttgart, und dem bayrischen Forstamt Waldmünchen, im Bayrischen Wald, parallel oder kurz hintereinander durchgeführt. Laufende Beobachtungen wurden außerdem am nördlichen Alpenrand im

¹⁾ Die bionomischen Untersuchungen wurden angeregt durch Prof. Dr. W. ZWÖLFER, dem Leiter des Institutes für angewandte Zoologie, München.

Gebiet Berchtesgaden—Reichenhall gesammelt. Zur Erzielung einer allgemeineren Übersicht führten einzelne Fahrten in die Befallsgebiete bei Regensburg, in das Forstamt Nittenau, Oberpfalz, und in das badische Forstamt Sulzburg im südlichen Schwarzwald.

Ein Teil der bionomischen Untersuchungen wurde an Zuchten gewonnen, die im Münchner Institut unter Freilandbedingungen liefen.

Das Material aus den Zuchten sowie die für die Abbildungen verwendeten Fraßbilder sind in die Sammlung des Instituts aufgenommen worden.

Meine Arbeit fand vielseitige Unterstützung, die mich zu Dank verpflichtet. An erster Stelle gilt dieser meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. W. ZWÖLFER, unter dessen Leitung die Bekämpfungsversuche liefen. Auch während seiner durch Krankheit bedingten langen Abwesenheit blieb Professor ZWÖLFER in jeder Weise um die Förderung meiner Arbeit bemüht.

Ebenso verdanke ich Herrn Professor Dr. H. WALTER, Stuttgart-Hohenheim, wesentliche Unterstützung auf botanischem Gebiet, insbesondere freundliche Anleitung bei den kryoskopischen Bestimmungen, womit mir die Durchführung der entscheidenden Versuche sehr erleichtert wurde.

Die Bestimmung der *Coleoptera* hatte Herr H. FREUDE von der bayrischen zoologischen Staatssammlung, die der *Rynchota* Herr EDUARD WAGNER, Hamburg, dankenswerterweise übernommen.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Professor Dr. SACHTLEBEN vom Deutschen Entomologischen Institut, der die eingehende Bearbeitung der parasitischen Hymenopteren übernahm. Das Ergebnis wird im Originalbericht wiedergegeben, in der gleichzeitig die schwierigen Nomenklaturverhältnisse eine Bearbeitung erfahren.

Dem Botanischen Institut der Münchner Universität verdanke ich die Möglichkeit der kryoskopischen Bestimmungen durch Überlassung eines Kryoskopes, für das zeitbedingte Beschaffungsschwierigkeiten bestanden.

Im meteorologischen Institut der Universität fand ich Rat und manche technische Hilfe für meine meteorologischen Untersuchungen.

Herrn Oberlandforstmeister HUDLMAYER von der württembergischen Forstdirektion in Stuttgart danke ich, neben seinem gleichbleibenden fördernden Interesse, vor allem seine rasche finanzielle Hilfe, als im entscheidenden Zeitpunkt infolge der Währungskrise des Sommers 1948 die Fortführung der Arbeit in Frage gestellt war.

Dem Herrn Forstmeister LETZERKOSS, Forstamt Schorndorf, und Herrn Forstmeister BARTHELMÄ, Forstamt Waldmünchen, sowie Herrn Revierförster WEBER, Forstamt Schorndorf, gilt mein Dank für technische Unterstützung meiner Arbeiten, die mir mit allen in ihrem Amtsbereich verfügbaren Mitteln gewährt wurde.

2. Literatur¹⁾

Spezielle Arbeiten über *curvidens* und seine Verwandten sind in der Literatur nur spärlich zu finden. Meist wird er in einzelnen kleineren Beiträgen oder im größeren Rahmen miterwähnt. Von älteren Autoren hat WACHTL (39), beim Aufstellen der var. *heterodon* über die Arten der Gattung eine Anzahl von Beobachtungen veröffentlicht. Da er aber die var. *heterodon* als Form von *curvidens* ansieht (sie gehört zu *spinidens*) sind seine Ergebnisse nur teilweise verwendbar. Erst nachdem durch REITTER (28) die systematischen Verhältnisse der Gattung geklärt waren, bestand die Möglichkeit sicherer Beobachtungen über die einzelnen Arten. Dies geschieht wenig später durch BARGMANN (2, 3, 4), der im Oberelsaß gute Gelegenheit hatte eine Massenvermehrung von *curvidens* zu beobachten und der genaue bionomische Angaben über *curvidens* und *vorontzowi* mitteilt.

In den klassischen Werken der Forstentomologie finden sich zwar manche Angaben über die drei Arten, doch liegen keine eingehenden Untersuchungen über sie vor. RATZBURG (24, 25) sowohl wie NÜSSLIN (21) erwähnen jedenfalls nicht viel, was darauf hinwies. Auch ESCHERICH (9) fußt auf der älteren Literatur und einer Arbeit SCHEIDTERS (30). Diese trägt wenig zur Klärung der Bionomie von *curvidens* bei, verwirrt aber manches durch unzutreffende Folgerungen. Besonders die Erscheinung des Überwinterungsfraßes wird von ihm noch, wohl in Anlehnung an ältere Autoren, irrig gedeutet. Erst BRAUN konnte diesen Punkt einwandfrei klären. In seiner Arbeit geht BRAUN (6) auch erstmalig auf die Frage der physiologischen Schädigung der Tanne ein. SCHNEIDER-ORELLI und W. KUHN (35) widersprechen zwar der Auffassung von BRAUN, doch kann ich ihrer Begründung nicht ganz folgen (vgl. Abschnitt 3 a).

Engverknüpft mit *curvidens* ist das Problem der Schädigungen der Tanne durch Insekten überhaupt. Hier war es BARGMANN (2), der erstmals den Versuch unternimmt, die Bedeutung des Fraßes der einzelnen Arten zu analysieren. Systematisch haben sich dann erst wieder SCHIMITSCHEK und BRAUN mit diesen Fragen befaßt, die ersterer bei Aufstellung der Kettenerkrankungen der Tanne (33) in eine klare Form brachte. Damit war die Richtung, in der sich eine Untersuchung der Ursachen von Gradationen bei *curvidens* bewegen mußte, gegeben.

Mit der Klärung der Disposition des Baumes für Angriffe von Insekten, die diesen nicht völlig primär besiedeln, hatte sich vor allem v. TUBEUF (37) beschäftigt. Leider hat seine darüber veröffentlichte Arbeit weder positive noch negative Ergebnisse gebracht. Dies war unter den zugegebenen mangelhaften technischen Voraussetzungen auch kaum möglich²⁾. Das bleibende Verdienst v. TUBEUF ist es, erstmalig

¹⁾ Die in Klammern gesetzte Zahl bedeutet stets die Nummer des Literaturverzeichnis.

²⁾ S. 283 schreibt v. TUBEUF über die Messungen der Grenzplasmolyse: „Für die bei unseren Untersuchungen in Frage kommenden nur schwach konzentrierten

die Bedeutung der Disposition des Bruthaumes für Befall von sekundären Schädlingen erkannt zu haben.

Sehr wichtig für die richtige Beurteilung ermittelter Werte der Disposition ist eine Feststellung der Befallsreihenfolge durch die sogenannte entomologische Analyse. ESKO KANGAS (15) hat diese für die finnischen Verhältnisse eingehend beschrieben. Die Methode hat bei sinn-gemäßer Anwendung volle Allgemeingültigkeit.

Die zur Bestimmung der osmotischen Werte verwendete „kryoskopische Methode“ ist von H. WALTER (41, 42) und R. THREN (44) erschöpfend untersucht und ausgebaut worden. Ebenso stammen die grundlegenden Untersuchungen über die Hydratur der Pflanzen von H. WALTER (43).

3. Lage der Versuchsstationen

Die beiden Hauptstationen lagen im Forstamt Schorndorf. Zu den dortigen Versuchsreihen liefen Parallelversuche im Waldmünchner Forstamt. Laufende Beobachtungen erfolgten bei Bad Reichenhall in den weiten Befallsgebieten. Im Berchtesgadener Land wurden die Verhältnisse des natürlichen Tannengebietes ohne größeren Befall untersucht, da auf Grund der klimatischen Bedingungen und des Bodens angenommen werden konnte, daß hier dem Optimalen angenäherte Tannenstandorte vorhanden sind.

Nachfolgend sind genaue Lage der Stationen, und die, dem Versuchs- oder Beobachtungsgebiet am nächsten gelegene, meteorologische Beobachtungsstation aufgeführt.

1. Rehalde, Revierförsterei Plüderhausen Süd, Forstamt Schorndorf. Schweres Schadgebiet auf den Höhen südlich der Rems. Meereshöhe 400—450 m. Von Plüderhausen im Remstal 5 km südöstlich. Die nächste Station für Niederschlagsmessung nach den Klimatabellen des deutschen Reiches (26) ist das Dorf Adelberg (465 m). Als Station in Tallage wird dort Schorndorf im Remstal angeführt (Abb. 37 und 38).
2. Revierförsterei Plüderhausen Nord, Forstamt Schorndorf. Weitverbreiteter Streubefall erheblichen Umfangs auf den Höhen nördlich der Rems. Meereshöhe um 400 m. Von Plüderhausen 2 km nördlich. Meteorologische Stationen wie bei 1.
3. Bezirk Gibacht bei dem Dorf Neuhütte zwischen Waldmünchen und Furth im Walde, Forstamt Waldmünchen. Meereshöhe 600—800 m. Schweres Schadgebiet in einem trockenen Südhang. Waldmünchen und Cham im bayrischen Wald, sind die nächstgelegenen Klimastationen.
4. Forstamt Reichenhall Nord und Forstamt Reichenhall Süd. Weitverbreiteter Streubefall in den Vorbergen der Berchtesgadener Alpen. Es war einzelner Befall bis 900 m zu finden. Gehäuft war er an trockenen Standorten auf Südseiten und Moränenschotter. Abb. 36 zeigt das Klimatogramm von Reichenhall, 600 m Meereshöhe.

Lösungen ergab sich dabei zwischen KNO_3 - und Rohrzuckerwerten teils gute, teils schlechte und in vielen Fällen überhaupt keine Übereinstimmung, besonders in den Monaten Ende Mai bis August 1930 waren die durch Umrechnung ermittelten Rohrzuckerwerte im Durchschnitt um das Dreifache höher als die tatsächlich gemessenen Werte“ (!!).

5. Die Tannenbestände über dem Königssee, Forstamt Berchtesgaden, und das Gebiet des Hochkalters, Forstamt Ramsau. An beiden Stellen gelang es nach längerem Suchen an Sturm- und Lawinen-Schadholz *curvidens* und *spinidens* zu ermitteln. Höhe etwa 900 m. *Spinidens* außerdem in einigen Ästen am stehenden Baum (Schreinbachalm, Königsseegebiet). Ilsank (650 m), bei Berchtesgaden und Berchtesgaden sind die nächstgelegenen Klimastationen.

Die Niederschlagswerte und Temperaturen der langjährigen Klimogramme sind die Mittel aus den Jahren 1891—1930 (40jähriges langjähriges Mittel).

Die ursprünglich beabsichtigte Festlegung der Standortverhältnisse für die oben aufgeführten Beobachtungsorte durch Untersuchungen der pflanzensoziologischen Verhältnisse am Standort der Tanne, wurde unterlassen, da verschiedene Überlegungen gegen den Wert dieser Untersuchungen im Rahmen der Arbeit sprachen. Sinnvoll wäre diese, wie noch gezeigt werden wird, für eine eventuelle Vorhersage von Großkalamitäten. Dies geht aber über den Rahmen der Arbeit hinaus und erfordert eigene sehr eingehende Untersuchungen.

B. Zur geographischen Verbreitung und Systematik der Gattung *Pityokteines*

1. Geographische Bedeutung

Die Arten der Gattung *Pityokteines* wären, mit dem Verbreitungsgebiet der Futterpflanze verglichen, als maximal weit verbreitet anzusehen. Doch weisen einige Fundorte der wichtigsten Art, *curvidens*, darauf hin, daß die klimatischen Grenzen ihres möglichen Lebensraumes wesentlich weiter sind, als die Grenzen des natürlichen und der meisten künstlichen Verbreitungsgebiete der Tannenarten.

P. curvidens Germ. ist fast aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Gattung *Abies* bekanntgeworden. An Stellen, von denen noch keine Festlegung des Vorkommens in der Literatur erfolgt ist, dürfte dies nur auf mangelnde faunistische Unterlagen zurückzuführen sein. Ein anderer Grund war nirgends wahrscheinlich zu machen. Darüber hinaus ist er aber von einer Anzahl Stellen des künstlichen Verbreitungsgebietes der Tanne, zum überwiegenden Teil als Großschädling, gemeldet. Außerdem bemerkt KLEINE (16), daß er auch an vielen Plätzen in der Welt gefunden wurde, wo sein Vorkommen nur auf ihm ganz fremden Koniferen, oder auf importierten, zum Teil auch nicht der Gattung *Abies* angehörenden Arten, möglich ist. KLEINE nennt Kapstadt, Japan (am Fudji Yama), Grönland und Buenos Aires. Diese Fundorte stempeln *curvidens* zum größten Ubiquisten unter den Ipsiden.

P. spinidens Reitt., der, zuerst aus dem Kaukasus beschrieben, danach auch im mitteleuropäischen Raum nachgewiesen werden konnte, scheint keine so weiten Grenzen im Vorkommen zu haben. Zahlreich sind bloß die Fundorte im südlichen Teil des Tannengebietes und im Osten. In Mitteleuropa ist er in höheren Lagen schwerer zu finden, nur noch an wärmeren Stellen. Nach SCHIMITSCHEK (31) scheint er seine

Hauptverbreitung im asiatischen Raum auf *Picea excelsa* zu haben. Die Art muß als pontisch oriental in ihrer Faunenzugehörigkeit bezeichnet werden.

P. vorontzowi Jakobs. ist ebenfalls weniger weit verbreitet als *curvidens*. Nur scheint seine Verbreitung gerade mehr auf den nördlichen Teil des Tannengebietes konzentriert zu sein und dort, wo die Tanne in kühleren Lagen stockt. Im pontischen Raum ist er wenig bekanntgeworden und wird von SCHIMITSCHEK (l. c.) für die Türkei als vereinzelt und selten erwähnt, im Gegensatz zu *spinidens*. Die Art dürfte daher dem sibirischen Faunenelement angehören. Wäre sein Vorkommen im kleinasiatischen Gebiet nicht gesichert, müßte er zu den endemisch-europäischen Arten gezählt werden. Die Berechtigung dieser Arten als eigene Faunengruppe wurde jedoch mehrfach angezweifelt, wozu *vorontzowi* weiteren Anlaß gibt.

Wir sehen die Hauptart der Gattung *Pityokteines* über das gesamte natürliche Gebiet der *Abies*-Arten verbreitet, teilweise sogar noch über diese Grenzen hinaus. Die beiden kleineren Arten ergänzen sich mit ihren vermutlichen optimalen Bereichen, besiedeln aber sonst auch das gesamte Tannengebiet. Weiter unten wird gezeigt werden, welche Bedeutung dieser Umstand für die Möglichkeit von Massenvermehrungen bei *curvidens* hat.

2. Bestimmungstabellen nebst kritischen Bemerkungen

Nach der Entdeckung der beiden kleineren Arten, *spinidens* und *vorontzowi*, wurde von FUCHS die nunmehrige *curvidens*-Gruppe, die bisher bei *Ips* de Geer untergebracht war, zur eigenen Gattung erhoben. Eine Maßnahme, die ebenso auf Grund der Morphologie, wie der Biologie begründet erscheint. Die von FUCHS gegebene Kennzeichnung der Gattung schließt eine Verwechslung der dazugehörigen Arten mit anderen aus. Dagegen bereitet die Unterscheidung der einzelnen Arten Schwierigkeiten, vor allem wenn nicht alle drei vergleichbar vorhanden sind. Die Bestimmungstabellen von REITTER (28) und ESCHERICH (9), letztere wurde von SCHEIDTER bearbeitet, ermöglichen nicht immer eine scharfe Trennung. Am besten gelingt die Bestimmung noch mit der von SCHIMITSCHEK (32) gegebenen Tabelle. Da mit einer Tabelle, in der ♂ und ♀ getrennt behandelt werden, sicherer bestimmt werden kann, sei im nachfolgenden eine solche gegeben.

Am Flügeldeckenabsturz zwischen den beiden größten Zähnen (2 und 3) befinden sich 2 kleine kegelförmige Zähnen. Die Punktierung nimmt auf den Absturz hin stark an Größe zu, um sich schließlich fast zu berühren und Querrunzeln zu bilden.

Gattung *Pityokteines* Fuchs.

Die Zähne am Absturz kräftig ausgebildet, keine auffallende Behaarung auf der Stirn und am Prothoraxrand . . . M ä n n c h e n.

Bezahnung am Absturz schwächer, die Stirn und der Prothoraxrand tragen starke gelbe Behaarung . . . W e i b c h e n.

Männchen

Erster Zahn (von oben) deutlich aufgebogen, zwischen der groben Punktierung auf dem Rücken und in der Nahe des Absturzes feinere Punktierung auf Lücke gestellt (Abb. 1, 4 A).

Größte Art, Flügeldecken lang behaart. Größe 2,6—3,2 mm.

curvidens Germ.

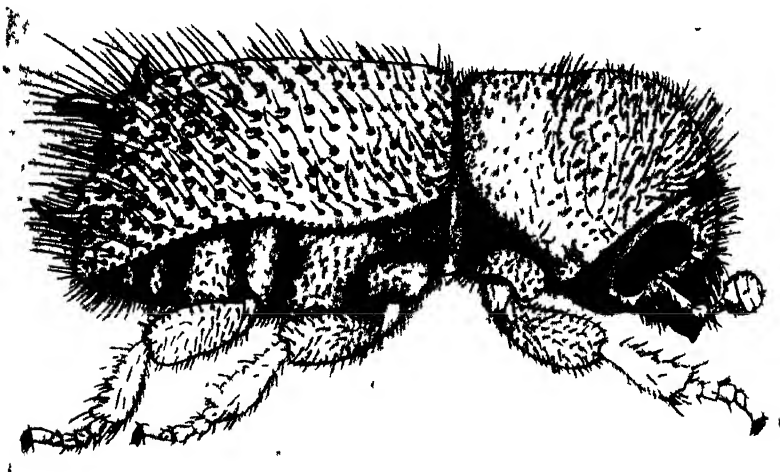


Abb. 1. *Pit. curvidens* Germ. ♂ (Vergr. 25 ×)

Erster Zahn nicht oder nur schwach nach oben gebogen. Feine Punktierung, zwischen der großen, sehr fein und unregelmäßig.

Grobe Punktierung gegen die schwächere an den Seiten deutlich abgesetzt, die beiden Suturalzähnen zwischen den großen Zähnen nach außen gerückt, höchste Stelle der Rundung des Prothorax erreicht von der Seite gesehen nicht ganz die Mitte (Abb. 2, 4 B). Suturalzähnen deutlich flachgedrückt.

Kleinste Art, 2—2,2 mm, schwächer behaart. *vorontzowi* Jakobs.

Grobe Punktierung geht gleichmäßig in die schwächere an den Seiten über. Suturalzähnen zwischen den großen Zähnen nicht nach außen verschoben. Höchste Stelle in der Prothoraxrundung ist von der Seite gesehen in der Mitte (Abb. 3, 4 C₁).

Die Art steht in der Größe zwischen den vorigen, 2,4—2,8 mm. Bei der Stammform ist das Diskalfeld genau quadratisch und die Art erscheint gegenüber den anderen im Habitus gestreckter.

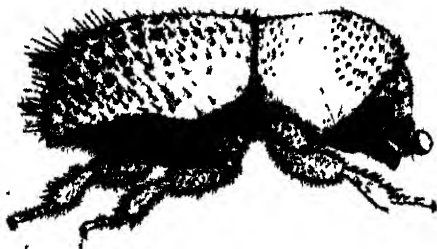


Abb. 2. *Pit. vorontzowi* Jakobs. ♂. (Vergr. 25 ×)

Als Stammform gelten Stücke mit kurzen, kegelförmigen Zähnen. Von da gibt es alle Übergänge bis zu langen, hakenförmig unten gebogenen. Bei dieser Form ist auch der oberste kleine Zahn nach unten gebogen und das Diskalfeld nicht mehr quadratisch.

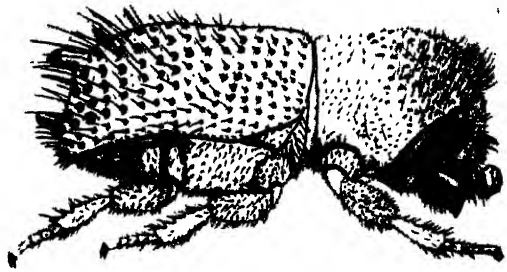


Abb. 8. *Pit. spinidens* Reitt. ♂. Mittelform zwischen Stammform und var. *heterodon* Wachtl (häufigste Form). (Vergr. 25×)

(Dies ist die var. *heterodon* Wachtl, Abb. 4 C₂.)

spinidens Reitt.

Weibchen

Haarschopf auf Stirn und Prothoraxrand gleich lang oder letzterer wenig länger.

Große Art 2,6—3 mm *curvidens* Germ.

Kleinste Art 2—2,2 mm *vorontzowi* Jakobs.

Haarschopf auf Prothoraxrand doppelt so lang

wie auf der Stirn 2,3—2,7 mm *spinidens* Reitt.

Die Großabbildung von *curvidens* bei ESCHERICH (9) veranlaßte mich, auch für die beiden anderen Arten eine derartige Abbildung anzufertigen (Abb. 2, 3). Dabei fielen erhebliche Abweichungen in der Fühlerbildung gegenüber der *curvidens*-Abbildung auf, die von ESCHERICH ohne Herkunftsangabe aus NÜSSLIN (21) übernommen wurde, der sie von ECKSTEIN übernahm und bemerkt, daß sie von WACHTL angefertigt sei. Eine Untersuchung von *curvidens*-Stücken ergab dann aber weitgehende

Übereinstimmung der Fühlerbildung mit den anderen Arten. Damit war ich, um Irrtümer zu vermeiden, gezwungen, auch von *curvidens* eine neue Abbildung anzufertigen (Abb. 1). Der Fühler bei NÜSSLIN und ESCHERICH ist verzeichnet.

Außer der genannten wird von NITSCHKE (14) S. 489 noch eine Abbildung des Flügeldeckenabsturzes von *spinidens* var. *heterodon* ♂ und *spinidens*-Stammform

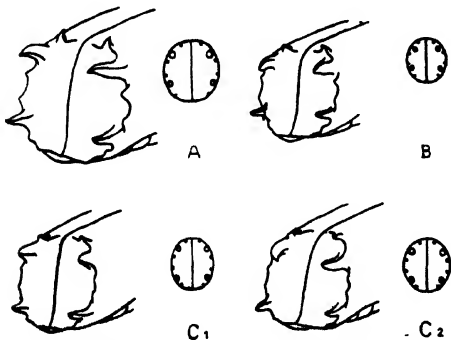


Abb. 4. Flügeldeckenabsturz und Aufsicht auf das Diskalfeld. A *curvidens*, B *vorontzowi*, C₁ *spinidens*, C₂ *spinidens* var. *heterodon*

(*spinidens* var. *spinidens* Reitt.) ♂ mit der Unterschrift: „*Tomiscus curvidens* ♂ und ♀“ gegeben, wobei var. *heterodon* = *curvidens* ♂ und

Stammform = *curvidens* ♀ sein soll. Diese Abbildung hat NÜSSLIN (21) wie RHUMBLER (22) übernommen. Dabei wurde die Bezeichnung von *curvidens* auf *spinidens* korrigiert, unverbessert blieb, daß es sich nicht um ♂ und ♀, sondern um zwei ♂♂ verschiedener Varietäten handelt.

Beim Vergleich der drei Arten untereinander, fällt bald die nähere Verwandtschaft zwischen *curvidens* und *vorontzowi* gegenüber *spinidens*, der etwas entfernter steht, auf. Während *vorontzowi* zunächst den Eindruck einer kleineren und schwächer behaarten Form von *curvidens* macht, unterscheidet sich *spinidens* schon im Habitus deutlich. Neben den in der Bestimmungstabelle gegebenen Unterschieden, weicht er auch in anderen schwerer scharf zu definierenden Punkten von ersteren ab. So ist die Fühlerkeule durchschnittlich mehr von der Kreisform entfernt, als bei den beiden anderen. Desgleichen ist der Seitenrand der Flügeldecken schwächer geschwungen.

Eine Eigentümlichkeit, die des öfteren auch in Bestimmungstabellen verwertet wurde, z. B. REITTER (28), ist die Stellung der großen Zähne in der Aufsicht auf das Diskalfeld. Diese bilden bei den schwächsten Stücken, wie sie REITTER als Stammform beschrieb, die Ecken eines Quadrates (Abb. 4 C₁). Von diesem Extrem gibt es dann alle Übergänge bis zu einem liegenden Rechteck. Die Verschiebung erfolgt proportional dem Größerwerden der Zähne. Damit ist dieses Kennzeichen zur Bestimmung nicht verwendbar und irritiert nur. Ein ähnlich unsicheres Kennzeichen ist bei *vorontzowi* die kolbige Verdickung des oberen großen Zahnes, die nur bei kräftigen Stücken deutlich vorhanden ist.

Die Weibchen aller drei Arten zeigen nur winzige Spuren einer Zahnbildung. Meist sind es nur geringe Höcker am Rande des matt erscheinenden Diskalfeldes. Eine Unterscheidung nach der Bezahnung ist daher hier ausgeschlossen.

C. Bionomie und Phänologie von *curvidens* Germ.

1. Bruthölzer

Die Hauptfutterpflanze ist *Abies alba* (= *pectinata*). Daneben wurde er auch an anderen Arten der Gattung *Abies* gefunden. Außerdem befällt er Arten der Gattungen *Larix*, *Cedrus*, *Pinus* und *Pseudotsuga*. In der Literatur werden folgende Arten von Koniferen genannt, an denen *curvidens* beobachtet werden konnten:

Abies alba Mill., *balsamea* Mill., *bornmülleriana* Mattf., *frazeri* Poir.,
nordmanniana Spach., *pichta* Forx., *sibirica* Ledeb.

Larix decidua Mill.

Cedrus Link. (ohne Artangabe [ESCHERICH 9] vermutlich *libanitica* Trew. gemeint).

Pinus silvestris L., *strobis* L.

Pseudotsuga taxifolia Mill.

An Douglasie wurde *curvidens* von mir im Forstamt Sulzburg, südl. Schwarzwald, beobachtet (18). Auf die Eigentümlichkeiten beim Befall von Douglasie, wird an den entsprechenden Stellen eingegangen werden.

NITSCHKE (14) führt auch Fichte als Brutbaum von *curvidens* an, ohne den Autor dafür zu nennen. Diese etwas zweifelhafte Angabe wurde experimentell im Zuge der Infektionsversuche (siehe unten) nachgeprüft. Es gelangt nicht, die Käfer zum geglückten Angriff auf Fichte zu bringen, obwohl die physiologischen Voraussetzungen in der Fichte durchaus gegeben schienen. ESCHERICH (9) erwähnt die Art an Fichte in der Neubearbeitung auch nicht mehr.

Dem ungeachtet erhielt im Winter 1948 das Institut für angew. Zool., München, Fraßbilder aus der Nähe von Pforzheim im Schwarzwald eingesandt, die einwandfrei von *curvidens* an Fichte angelegt waren. Somit scheint dieser in besonderen Ausnahmefällen doch an Fichte vorzukommen. *Picea excelsa* L. ist damit ebenfalls als Brutbaum für *curvidens* gesichert.

RATZBURGS (25) Angabe, daß *curvidens* auch in Buche beobachtet wurde, dürfte auf eine Verwechslung zurückzuführen sein. RATZBURG selber hatte sie bereits mit ? versehen. Ohne es, wie bei der Fichte, experimentell nachgeprüft zu haben, halte ich ein derartiges Vorkommnis für ausgeschlossen.

Solange sich die Koniferenwäldungen in Europa nur über die natürlichen Verbreitungsgebiete der einzelnen Baumarten erstreckten, mag die Ansicht ESCHERICHs, „daß *curvidens* nur in Tannenwäldern wirklich als heimisch anzusehen ist“, zutreffend gewesen sein. Die großen Massenvermehrungen 1947 und 1948 haben aber gezeigt, daß er sich auch in nicht standortgemäßen Lärchenbeständen sehr wohl heimisch fühlen kann und dort große Schäden anzurichten in der Lage ist. Es sei dabei darauf hingewiesen, daß Lärchen gefunden wurden, in denen er Jahre vorher schon die Gipfel befallen hatte und das Übergreifen nicht nur während der Massenvermehrung erfolgte.

2. Generationsverhältnisse

Für die Festlegung der Generationen treten bei manchen Ipsiden durch die Bildung von Geschwisterbruten Schwierigkeiten auf. Besonders von seiten der forstlichen Praxis wird oft von einer größeren Anzahl von Generationen berichtet, wobei aber Geschwisterbruten als besondere Generationen mitgezählt werden. Bei *curvidens* war zunächst nichts von Geschwisterbruten bekannt, doch fand man auch in den seltensten Fällen abgestorbene Altkäfer in den Gängen. Dann wurde ein eigenartiger, vom normalen Bild völlig abweichender Fraß beobachtet, der eine Art Regenerationsfraß zu sein schien. Bei näherer Untersuchung ergab sich, daß die Altkäfer nach Erschöpfung ihres Eivorrates die Brutbilder verlassen und sich in anderen Stämmen wieder einbohren. Dabei werden die unteren Stammteile bevorzugt. Auch machen diese befallenen Bäume einen gesünderen Eindruck als Brutbäume. Dort verüben die Käfer den in Abb. 5 abgebildeten eigentümlichen und schwer zu entwirrenden Fraß, in dem sich auch einzelne Larvengänge zeigen. Verfolgt man den Fraß im einzelnen, so ergibt sich, daß zunächst Regenerationsfraß statt-

findet, der dann planlos in einzelne Brutgänge übergeht, an deren Ende fast regelmäßig tote Altkäfer aufzufinden waren. Der Fraß scheint über sehr lange Zeit ausgedehnt zu sein, denn es wurden mehrfach gleichzeitig abgelegte Eier in den Eigruben, Junglarven und fast ausgefärbte Jungkäfer beobachtet. Da gleichzeitig auch die meisten Puppenwiegen in der Rinde angelegt waren, dürften die Nachkommen als schwächliche Brut angesehen werden. Für die Anlage der Puppenwiegen in der Rinde könnte möglicherweise etwas die größere Feuchtigkeit in dem Splint verantwortlich sein, da dieser Fraß auch an gesünderen Bäumen verübt wird als der Brutfraß.

Man könnte hier von einem Regenerations-Brut-Totfraß der altersschwachen Käfer sprechen. Meist war dieser Fraß 5—6 Wochen nach dem ersten größeren Schwärmen im Frühjahr, und gegen den Herbst zu finden. In diesen Zeiten konnten oft ganze Bäume nur mit diesem Fraß festgestellt werden. Vereinzelt konnte er das ganze Jahr über, oft zwischen anderen normalen Fraßbildern, die aber dann zeitlich später angelegt waren, beobachtet werden.

Um Klarheit über das Alter der überwinternden Käfer zu gewinnen, wurde eine Anzahl im Überwinterungsfraß gefundener ♀♀ auf Vorhandensein der *Corpora lutea* untersucht und nur bei 12, von 87 untersuchten Käfern, diese festgestellt. Die meisten der überwinternden Käfer waren also Jungkäfer.

Damit waren die zweifelhaften Punkte in der Generationsfolge geklärt, es ergibt sich folgendes Bild.

Die im Frühjahr ausfliegenden Jungkäfer schreiten sofort zur Anlage neuer Brutbilder, da sie ihren Reifungsfraß bereits in der Rinde des Brutbaumes verüben. Daß ein geschlossenes Schwärmen nicht beobachtet werden kann, liegt in der Art des Schwärmens und dem langen Zeitraum, in dem die Jungkäfer auskommen, begründet. Nach Fertigstellung der Brutbilder verlassen die nunmehrigen Altkäfer diese wieder und beginnen mit dem beschriebenen Regenerations-Totfraß.

Je nach Lage und Witterung erscheinen die ersten Jungkäfer der Frühjahrsgeneration Ende Juni bis Juli, oder noch später. Es wiederholt sich der Vorgang des Frühjahrs.

Bei der zweiten Generation ergeben sich durch die wechselnden Einflüsse der Temperatur größere zeitliche Verschiebungen. Vorher ist das Bild schon stark verwischt durch die lange erste Schwärmzeit; einzelne Nachzügler schwärmen eigentlich fast immer, ohne daß es gelingt, sie einer bestimmten Generation zuzuweisen. Ab August ist eine Trennung unmöglich, jede Grenze verschwimmt.

In klimatisch günstigen Lagen schlüpft die Masse der Jungkäfer schon im Herbst. Doch schreiten diese nur unter besonders günstigen Bedingungen noch zur Bildung einer teilweise dritten Generation. Meist beginnen die im Herbst ausfliegenden Käfer wenig später mit dem Überwinterungsfraß. Altkäfer sind daran, wie oben gezeigt, nur wenig beteiligt. Diese Winterfraßbilder werden im zeitigsten Frühjahr, teilweise

noch eher, wieder verlassen. Unter Rindenschuppen und in ähnlichen Verstecken wird dann die günstige Frühjahrswitterung abgewartet. Ab Januar sind die Käfer in solchen Verstecken oft in großer Anzahl anzutreffen.

Bodenuntersuchungen ergaben keine Anhaltspunkte für ein freiwilliges Überwintern der Käfer im Boden. Nur an Stellen, wo Stämme entrindet wurden, konnten solche in geringer Zahl zuweilen in der oberen Bodendecke gefunden werden.

Die unausgefärbten Jungkäfer verlassen im Herbst die Rinde nicht mehr, sondern verbleiben ebenso wie im Sommer bei Schlechtwetter, in den kleinen Reifungsfräbkammern (Abb. 7 K). Die Entwicklung der Larven wird durch die sinkende Temperatur mehr und mehr gehemmt und scheint bei Temperaturen unter $+3$ oder 4° Kambialtemperatur ganz stillzustehen. Doch kann, wie Beobachtungen von Larven in abgelöster Rinde ergab, eine geringe Erwärmung die Lebensfunktionen schnell wieder in Gang bringen, so daß die mittägliche Erwärmung eventuell schon von günstigem Einfluß auf die Entwicklung der überwinternden Larven ist. Dafür spricht die Beobachtung, daß gegen Ende des Winters jüngere Larven kaum noch zu finden sind, während dies im Hochwinter unter gleichen Bedingungen noch der Fall ist.

Die neue Saison wird also im Stadium der Altlarve, des unausgefärbten und des brutfähigen Jungkäfers begonnen. Damit ist die lange Schwärmzeit ohne weiteres erklärt.

Es hat nur sehr relativen Wert, die Dauer einer Generation nach Tagen zu bestimmen, da diese von einigen klimatischen Faktoren abhängig ist, die für jedes Gebiet anders sind. In Laboratoriumsversuchen, bei gleichbleibenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen sind für viele Insektenarten die genauen Werte ermittelt worden. Da, mangels geeigneter Geräte¹⁾, dies hier nicht durchgeführt werden konnte, habe ich versucht, wenigstens durch Zuchten unter den verschiedensten Freilandsbedingungen eine ungefähre Abgrenzung des optimalen Bereichs zu erzielen. Es mußten dabei die Feuchtigkeitswerte unbeachtet bleiben. Auch konnte nur im Bereich unter den optimalen Temperaturen eine Abgrenzung vorgenommen werden. Da aber gerade in diesem Bereich wichtige Grenzen liegen, die für Massenvermehrungen von Bedeutung sein können, wurde auf diese Beobachtungen besonderer Wert gelegt.

Insgesamt standen 18 verschiedene Zuchten sorgfältig getrennt unter Beobachtung. Fünf zu verschiedenen Zeiten befallene Stammstücke wurden in München gezogen. Zehn waren gekennzeichnete Windbruchstücke im Berchtesgadener und Reichenhaller Gebiet, drei lagerten in Plüderhausen bei Schorndorf in Tallage. Das Datum des Befalls wurde ermittelt durch Festlegung der Größe der Brutbilder am Tage der Kennzeichnung und nachträglichen Vergleich der Größe mit Brutbildern, deren Entwicklungszeit feststand (bei den Infektionsversuchen). So konnte — bis auf wenige Tage — genau die Entwicklungsdauer ermittelt werden. Diese schwankte schon bei den wenigen kontrollierten Zuchten

¹⁾ Infolge der kriegsbedingten Zerstörungen im Institut für angewandte Zoologie, München, konnten Laborversuche nur in sehr begrenztem Umfang vorgenommen werden.

erheblich. Die günstigste Lage schienen die Plüderhausener Zuchten gehabt zu haben. Die ungünstigste hatte ein Stück, das künstlich in 1200 m Höhe verbracht worden war. Während im ersteren Fall, vom Einbohren bis zum Beginn des Ausfluges der Jungkäfer, 52—53 Tage vergingen, betrug die Anzahl bei letzterem, ungünstigsten Fall mindestens 165 Tage. Dabei sind die ersten 10 Tage geschätzt, es könnten noch etwas mehr sein. Der Vergleich dieser Zeiten mit dem Temperaturverlauf an den betreffenden Stellen¹⁾ ergab eine recht weitgehende Abhängigkeit von der Temperaturkurve. Ja es schien so, daß überhaupt nur diese eine Bedeutung für die Entwicklungsdauer hat.

Das Ergebnis der Untersuchung war, daß *curvidens* in kontinentalen Gebieten, mit der mittleren Monatstemperatur bei $+18^{\circ}$ im Juli, ohne weiteres zwei Generationen im Jahr zur Entwicklung bringt. Unter günstigen Bedingungen sogar eine teilweise dritte Generation. Bei tiefern Durchschnittstemperaturen nimmt die Wahrscheinlichkeit, daß mehr als eine Generation im Jahr zur Entwicklung gebracht wird, laufend ab. Bei einem Monatsmittel im Juli von $+12^{\circ}$ konnte noch eine Generation mit Sicherheit zur Entwicklung gebracht werden. In Gebieten mit Seeklima dürften die Werte noch etwas tiefer liegen.

Bei aller Vorsicht, die bei Temperaturvergleichen, die durch Umrechnung der Vertikalen ermöglicht werden, nötig ist, kann doch gesagt werden, daß *curvidens* in allen natürlichen Tannenstandorten bis 800 m Höhe zwei Generationen im Jahr zur Entwicklung bringen kann. Unter günstigen Bedingungen in warmer (tiefer) Lage ist eine dritte Generation durchaus im Bereich des Möglichen. Die $+20^{\circ}$ Juliisotherme verläuft ungefähr entlang des Nordrandes des natürlichen Tannengebietes, das vertikal stets in 300—400 m Meereshöhe beginnt, also bei einer durchschnittlichen Juliisotherme von $+18^{\circ}$. Diese reicht noch aus, um *curvidens* eine teilweise dritte Generation zu gestatten. Wird die Tanne aber außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut, wobei es sich meist um tiefer oder zumindest wärmere Lagen handelt, so ist *curvidens* dort schon klimatisch sehr begünstigt. Diese Feststellungen werden uns später bei der Untersuchung der Massenvermehrung noch zu beschäftigen haben.

Die von BARGMANN (2) als Entwicklungsdauer von *curvidens* bei der Massenvermehrung im Jahre 1896 in Oberelsaß ermittelten Zeiten ergaben insgesamt 64 Tage. Die von mir beobachteten und errechneten Werte deckten sich mit diesen Angaben.

3. Fraß

a) Bilder des Fraßes an verschiedenen Bruthölzern

P. curvidens verursacht drei völlig voneinander verschiedene Fraßbeschädigungen an Tanne, deren Zusammengehörigkeit zunächst kaum erkennbar ist. Dazu konnten noch auffallende Abweichungen in der Form bei Fraßbildern an anderen Futterpflanzen beobachtet werden.

¹⁾ Die Temperaturen für Plüderhausen wurden nach den Stuttgarter Werten, die Temperaturen für die einzelnen Höhenlager bei Reichenhall und Berchtesgaden nach den Werten von Reichenhall umgerechnet. Dabei würden je 100 m $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ abgezogen, so daß die Werte von 200 zu 200 m in der Vertikalen um 1°C niedriger veranschlagt wurden. Bei Lagerung der Fraßstücke in den Berglagen wurden Steilhänge und reine Süd- oder Nordlage vermieden. Die Zeiten, die für die Entwicklung gebraucht wurden, nahmen mit der zunehmenden Höhe annähernd gleichmäßig zu.

Die bekannte Form des Brutfraßes, das liegende H, ist in allen Lehrbüchern beschrieben und abgebildet. Daß häufig Abweichungen in der Form vorkommen, ist ebenfalls lange bekannt. Trotz sorgfältiger Beobachtung der Nebenumstände gelang es nicht, irgendeine Gesetzmäßigkeit oder bestimmte Ursache für diese Abweichungen zu finden. Einzig in der Länge der einzelnen Brutarme konnte eine Abhängigkeit ermittelt werden, die kurvenmäßig für einen bestimmten Bereich festgelegt wurde. Bei einzelnstehenden Brutbildern sind die Arme oft 7 bis 8 cm lang. Schon bei geringer Zunahme der Befallsdichte nimmt die Länge stark ab. Bevor die Brutbilder so dicht den Stamm bedecken, daß freie Fläche nicht mehr vorhanden ist, haben die Brutarme nur noch eine Länge von 5 cm. Diese fällt dann weiter bis etwa 4,5 cm. Danach bleibt sie ziemlich konstant und sinkt erst weiter ab, wenn mehr als 60 Brutarme auf 400 m² auftreten (siehe Abb. 23).

Sehr gleichmäßig ist der Abstand der Eigruben voneinander. Die Zahl beträgt 14—15 Stück (insgesamt) je Zentimeter. Sie ist so konstant, daß man mit ihrer Hilfe aus der Zahl der Brutarme mal der durchschnittlichen Länge derselben und mal 14 (der Eizahl je Zentimeter), die Gesamtzahl der abgelegten Eier berechnen kann.

Deutliche Unterschiede waren bei Brutfraß an Lärche zu beobachten (Abb. 6). Die Brutarme sind im Durchschnitt wesentlich länger und zeigen nach einer Strecke normalen Verlaufs in der Waagerechten oft plötzliches Abbiegen in die Faserrichtung nach oben oder unten. Man wird unwillkürlich an die Fraßbilder von *Ips cembrae* (der an *Larix* vorkommt!) erinnert. Eine weitere auffallende Tatsache ist die dichtere Stellung der Eigruben in Brutbildern an Lärche. Diese Erscheinung ist manchmal sehr sehr auffällig. Es wurden daher an allen Stellen, an denen *curvidens* in Lärchen beobachtet werden konnte, die Zahl der Eigruben je Zentimeter geprüft. Sie schwankte zwischen 16 und 22, betrug im Durchschnitt 17—18. Für beide Erscheinungen konnte eine sinnvolle Erklärung bisher nicht gefunden werden.

Die zweite Form des Fraßes, der eigenartige Regenerations-Totfraß, wurde bereits oben beschrieben (Abb. 5). Soweit keine Brutgänge da sind, zeichnet sich dieser Fraß durch besonders geringe Beschädigung des Splintes aus. Zeigen Eigruben an, daß Brutgänge angelegt wurden, so ist der Fraß auch wieder tiefer in den Splint eingeschnitten.

Derselbe Fraß konnte ebenfalls an Lärche beobachtet werden. Von dieser Fraßform fanden sich dabei auch einzelne Bilder in sonst gesunden Bäumen, die durch spätere Wundkorkbildung und Harzinfiltration wieder vernarbt waren. Bei echten Brutbildern konnte diese Erscheinung nicht gefunden werden, obwohl eingehend danach gesucht wurde. Ich sehe es als Nachweis dafür an, daß dieser Fraß normal an gesünderen Bäumen ausgeführt wird als der Brutfraß.

Die dritte Form der Fraßbeschädigung ist der Überwinterungsfraß. Dieser wurde sehr spät als solcher erkannt und von BRAUN (6) erst-

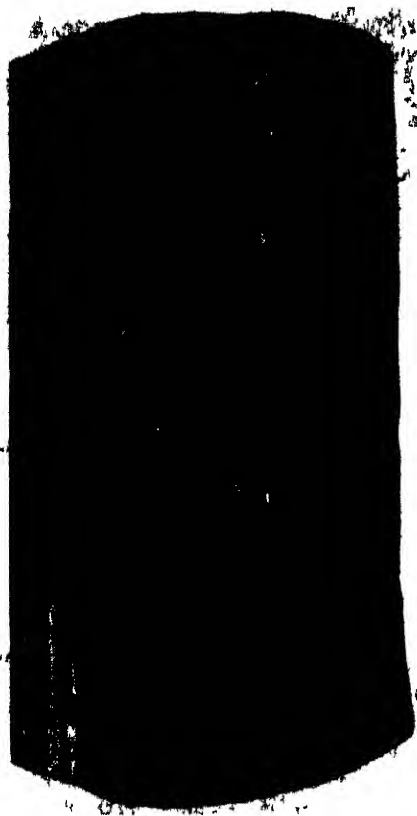


Abb. 5. Regenerations-Totfraß von *Pit curvidens* Germ
(Etwa $\frac{1}{8}$ nat Gr.)

malig genau beschrieben. Er wird äußerlich durch perl-schnurförmigen Harzfluß an-

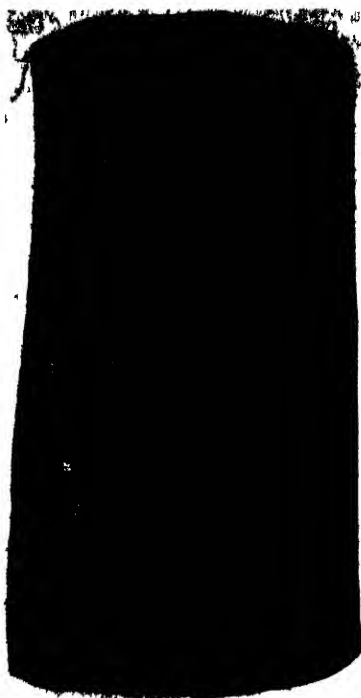


Abb. 6 Brutfraß von *Pit curvidens* Germ an
Lärche, Forstamt Waldmünchen (Etwa $\frac{1}{8}$ nat Gr.)

gezeigt, am entrindeten Stamm erkennt man ihn als kleinen dunklen Fleck. Dort, wo er dicht auftritt, sieht der entrindete Stamm aus „wie mit grobem Schrot beschossen“. Am stehenden Stamm ist bei starkem Überwinterungsfraß dichter Harzfluß zu sehen. BRAUN hat schon darauf hingewiesen, daß die vor ihm noch von SCHEIDTER (30) aufgestellte Behauptung, es handle sich um „abgeschlagene Angriffe“, unbegründet ist. Ich gehe sogar so weit, daß ich die Möglichkeit von „abgeschlagenen Angriffen“ bei *curvidens* in Zweifel ziehe. Die Begründung hierfür wird weiter unten bei den Infektionsversuchen gegeben werden.

Gegen BRAUN steht die Auffassung von SCHNEIDER-ORELLI und W. KUHN (35), die den Harzfluß wieder als Folge „mißglückter Angriffe“ auffassen; dabei wird aus der geringen Zahl der in diesem Fraß aufgefundenen Käfer irrtümlich auf die Unmöglichkeit eines Überwinterungsfraßes geschlossen. Zur Bekräftigung dieser Ansicht wird aufgeführt, daß in zwei Fällen Anfänge von Brutgängen gefunden

werden konnten. Hierzu sei darauf hingewiesen, daß dieser Fraß keine „Winterwohnung“ ist, dazu wird er viel zu früh verlassen. Er stellt einen Ernährungsfraß dar, um den Winter zu überdauern. Die eigentliche Überwinterung erfolgt unter Rindenschuppen und ähnlichen Verstecken. Die noch nicht ausgeflogenen Jungkäfer überwintern natürlich im Brutbild. Die Überwinterungsfraßbilder mit einem kurzen Brutgang, die SCHNEIDER-ORELLI beschreibt, waren von Altkäfern angelegt, diese hatten schon gebrütet und der Regenerationsfraß folgte in der Reihe der Fraßformen.

SCHNEIDER-ORELLI berichtet gleichzeitig, daß Brutfraß stets in den Kronen beginne, die Einbohrlöcher mit Harztropfen aber am ganzen Stamm zu finden seien. Es kann sich dabei kaum um denselben Fraß handeln, da es nicht sehr wahrscheinlich erscheint, daß die Käfer immer dann, wenn sie „mißglückte Angriffe“ führen, ihre Brutgewohnheiten wechseln. Außerdem ist der genannte Fraß nur im Herbst und Winter zu finden.

Über die physiologische Wirkung dieses Fraßes hat ebenfalls BRAUN (6) Untersuchungen angestellt. Die Tanne wird durch ihn auf längere Zeit geschwächt, doch kann sie sich, wenn kein Brutfraß dazu kommt, wieder erholen.

Der Fraß muß als ausgesprochen primär angesehen werden. Seine Bedeutung als vorbereitender Faktor der Disposition für Brutfraß darf nicht unterschätzt werden, wenn auch seine Gefährlichkeit, dadurch daß er am Stamm verübt wird, nicht der lebensgefährdenden Wirkung des Überwinterungsfraßes von *Cr. piceae* gleichzustellen ist. Dieser frißt in den Ästen und riegelt so weitgehend den Saftstrom ab.

Ein wenig auffälliger Fraß ist der eigentliche Reifungsfraß. Dieser wird von den Jungkäfern in der Rinde des Brutbaumes ausgeführt. Nach dem Schlüpfen verlassen diese die Puppenwiegen im Holz und fressen sich unter der Rinde einen kurzen Gang, in dem sie sich anfärben. Erst wenn sie schwarmbereit sind, wird ein Gang nach außen genagt. Unter dem Mikroskop können die verschieden feinen Fraßmehlarten, vom Reifungsfraß und dem Bohrgang ins Freie, deutlich unterschieden werden. Ist die Witterung ungünstig, so bleiben die Käfer in den Reifungsfraßkammern sitzen und warten in den offenen Fraßbildern, bis die Witterung ihnen zusagt. Manchmal laufen sie auch etwas außen auf dem Stamm umher, ohne zu schwärmen, um bei weiterer Verschlechterung der Witterung sich wieder zu verkriechen. Sowie das Wetter aber günstig ist, beginnen sie in Scharen die Quartiere zu verlassen und schwärmen.

Überwinterungsfraß und Reifungsfraß wurden auch an Lärche und Douglasie beobachtet. Der Überwinterungsfraß war an Douglasie etwas seltener als an den danebenstehenden Tannen. Bei Lärche war im gleichen Fall kein Unterschied zu beobachten. Der Reifungsfraß wird an Douglasie als längerer Gang gefressen, wohl wegen der sehr flachen Rindenschicht.

b) Stammholzfraß

Gegen Ende der Entwicklungszeit bohren sich die Larven in das Splintholz ein. Dabei beginnen sie steil nach innen zu bohren, um, in 2–10 mm Tiefe wieder in der ursprünglichen Richtung weiterragend, die geräumige Puppenwiege anzulegen (Abb. 7 P).

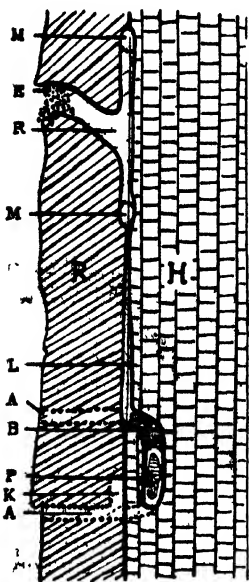


Abb. 7. Schematischer Querschnitt durch ein *curvidens*-Brutbild. Links Rinde (R), rechts: Holz (H). — A-Ausbohrgang (es wird je nach Lage einer der angezeigten Wege benutzt), B Bohrmehlpfropfen, E Einbohrgang, K Reifungskammer, L Larvengang, M Muttergang, P Puppenwiege mit Puppe, R Räuschkammer

Die Lage des Kopfes bleibt dabei meist in der Richtung, in der genagt wurde, also je nachdem, nach oben oder unten. Der Steilgang wird mit Bohrmehl fest verstopft (Abb. 7 B). An der oberen Schicht dieses Bohrmehls wird eine wasserabweisende Imprägnierung vorgenommen. Der Nachweis dafür ist an Querschnitten, die mit Wasser benetzt wurden, deutlich zu führen. Gefärbtes Wasser dringt nicht von oben in den Bohrmehlpfropfen ein, erst wenn seitlich das Holz durchdrungen ist, gelangt es auch etwas in das Bohrmehl. Ein Teil des Holzbohrmehls wird in die Rindengänge hinausgeschoben und bildet dort gutschichtbare weiße Stellen, die beim Entrinden sofort auffallen (Abb. 8). Diese Erscheinung kann als Anzeichen für Splintholzbefall in der Praxis gut verwandt werden.

Die Larve schreitet in der Puppenwiege nicht sofort zur Verpuppung, sondern ruht eine Zeitlang. In den Wintermonaten kann sich dieser Zustand über viele Wochen hinziehen. Die Puppenruhe selber ist kurz. BARGMANN (2) gibt für Larven und Puppenzeit 17 Tage an. Ich selber konnte im Sommer die Puppenruhe auf 8–10 Tage bestimmen. Bei kühler Temperatur wird sie sicher länger dauern. Wie

lange die Larve in der Puppenwiege geruht hat, konnte natürlich nicht festgestellt werden.

Der geschlüpfte Jungkäfer verläßt noch ganz hell die Puppenwiege. In diesem Zustand müssen die Mandibeln aber schon so weit erhärtet sein, daß er sich eventuell durch die Holzschicht hindurchnagen kann. Häufig wird dies allerdings unterlassen und nur der Bohrmehlpfropfen herausgestoßen. Eine Regel, wann der eine oder der andere Weg eingeschlagen wird, war nicht festzustellen.

Vereinzelt wird bei *curvidens* beobachtet, daß die Puppenwiegen nicht im Splintholz, sondern in der Rinde angelegt werden. Besonders am Fuße dickborkiger Stämme findet man diese häufiger. Eine bestimmte Ursache für das abweichende Verhalten konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Doch besteht die Möglichkeit, daß eine Abhängigkeit von den physiologischen Verhältnissen in der Tanne vorhanden ist.

Eventuell kommt die größere Feuchtigkeit des Stammes in Betracht, da die Erscheinung in Erdnähe gehäuft auftritt.

An Douglastanne war dies abweichende Verhalten sehr häufig, nicht nur am Fuße, sondern am ganzen Stamm. Oft waren kaum 50 % der Puppenwiegen im Holz angelegt, obwohl die Rinde von Douglasie recht dünn ist und nur wenig Schutz gewährt. Auch hier möchte ich physiologischen Abweichungen in der Douglasie, von dem Zustand des Tannenholzes, als Ursache betrachten.

4. Wirkung des Fraßes an den Baum

Die physiologische Wirkung des Fraßes auf die Tanne wurde bisher wenig beachtet. BRAUN (6) hat die Frage bei *curvidens* kritisch angeschnitten. Er zeigte bei seinen Untersuchungen über den Überwinterungsfraß, daß dieser pathologische Veränderungen an den Jahresringen hervorruft, die für die Tanne schwerwiegende Folgen haben, da der steigende Saftstrom erheblich gehemmt wird.

In Verfolgung dieser Wirkung, sowie aus der Überlegung heraus, daß der Baum durch Rindenfraß allein nicht rot zu werden braucht, sondern dies erst im nächsten Frühjahr eintreten müßte, wurde nach einer Methode gesucht, um die direkte Schädigung durch den Fraß, abgesehen von der mechanischen Verletzung zu beweisen.

Als sicher konnte angenommen werden, daß dichter Splintfraß den Baum umbringen muß. Doch wäre dies dann ein reines Vertrocknen der Bäume wie nach Wurzelzerreißen infolge von Stürmen oder wie bei Trockenheit überhaupt.



Abb. 8. Tannenrinde mit Fraßgängen von *Pit. curvidens* Germ. Weiße Fraßmehlsapuren zeigen an, daß die Larven bereits in das Holz eingebohrt sind. (In diesem Stadium muß bei der Bekämpfung der entrindete Stamm mit Gift behandelt werden) ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

Dagegen, daß dies die einzige Ursache ist, sprechen mehrere Gründe. Schon BARGMANN (2) erwähnt, daß er die von *curvidens* befallenen Stämme, an der fuchsroten Farbe, von den durch Trockenheit ab-

gestorbenen, die nur langsam braun werden, unterscheiden konnte. Dieses Merkmal hatte ich ebenfalls bereits als sicheres Kennzeichen herausgefunden, bevor mir die Mitteilung BARGMANN'S bekannt wurde. —

Bei Trockenheit wird zuerst der Gipfel rot. Hat *curvidens* einen Stamm befallen, so beginnt die Verfärbung an den Wasserreisern. Dies ist das erste und sicherste Zeichen für *curvidens*-Befall. Darauf konnte die ganze Kontrolle von Schadgebieten auf stehenden Befall gegründet werden.

Was ist die Ursache dieser Erscheinung, die einer Vergiftung nicht unähnlich ist? Zunächst vermute ich, daß die Exkremente der Larven eine solche Wirkung hätten. Das Aussehen des Überwinterungsfraßes brachte mich dann aber auf eine neue Spur.

Dieser hinterläßt, wie erwähnt, erbsengroße Punkte auf dem Stamm. Der eigentliche Fraßgang ist aber höchstens 1,5—2 mm breit. Deshalb untersuchte ich das umliegende Gewebe auf seine Veränderungen. Ein Querschnitt ergab das Bild, das die Abb. 10 zeigt. Auf diesem fällt sofort die eigenartige Lage der Wundkorkschicht auf. Sie läßt um den Fraßgang herum eine clavusförmige Zone frei. Diese ist nur zum Teil, und wohl auch sekundär, über den Fraßgang vom Stammholz aus, mit Harz infiltriert.

Einige mit einem Drillbohrer an Tanne angebrachte Bohrlöcher zeigten nach drei bis vier Wochen ebenfalls Wundkorkbildung. Diese erfolgte jedoch unregelmäßig an den Rändern des Bohrloches und ließ nur einzelne völlig zerfetzte Gewebeteile frei.

Untersucht man junge Brutbilder auf das Aussehen des umliegenden Gewebes, so findet man bereits in der Umgebung der Teile des Mutterganges, die noch ungeschlüpfte Eier in den Eigruben zeigen, bräunliche Verfärbung.

So erscheint es wahrscheinlich, daß die Käfer und Larven eine Reizwirkung auf das umliegende Gewebe ausüben, deren Folgen das schnelle Verfärben der Bäume bewirken müssen. Die Möglichkeit, daß auch die Exkremente eine Reizwirkung haben, sei damit nicht ausgeschlossen. Es wird schwer sein, die eigentliche Reizursache zu finden. Es kann eine chemische Wirkung sein, aber auch eine rein mechanische, die erst chemische Veränderungen in den Zellen



Abb. 9. Stammholzfraß von *Pityocurvidens* Germ. (Querschnitt nat. Gr.)

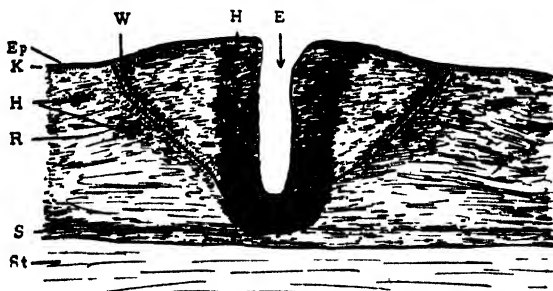


Abb. 10. Querschnitt durch Überwinterungsfraß von *Pityocurvidens* Germ. E Einbohrgang, Ep Epidermis, H Harzinfiltrationen und Harzgänge, K Korkschicht, R Rinde, S Siebröhrenschicht, St Stammholz, W Wundkorkschicht

hervorruft. Zu denken wäre z. B. an eine Dauereinwirkung von Sauerstoff auf das verletzte Gewebe, welches durch den Fraß lange wund gehalten wird.

5. Schwellenwerte für das Schwärmen

In der Literatur wird *curvidens* allgemein als Frühschwärmer bezeichnet. Der Begriff Frühschwärmer kann zwar nicht auf eine bestimmte Temperatur oder Jahreszeit festgelegt werden, doch werden bestimmte Arten regelmäßig als solche bezeichnet, ebenso wie andere als Spätschwärmer.

Die bekanntesten Vertreter dieser beiden Gruppen sind *Myelophilus piniperda* (großen Waldgärtner) für die Frühschwärmer, und *Ips typographus* (Buchdrucker) für die Spätschwärmer. SCHWERTFEGER (36) z. B. gibt für *piniperda* + 9° und für *typographus* + 16—18° als Temperaturschwelle des Schwärmens an. In neuerer Zeit wurde mehrfach darauf hingewiesen, daß die Einstrahlung auf die Borkenkäfer recht erheblichen Einfluß habe und die Körpertemperatur für das Schwärmen entscheidend ist. Zum Beispiel FRANZ (11). Es war daher zu erwarten, daß keine feste Grenze des Schwärmens zu finden ist und Lufttemperaturenangaben nur Mittelwerte darstellen. Dies um so mehr, als gerade in den Frühlingsmonaten die Einstrahlung am stärksten ist. Hierbei ist zu beachten, daß man nicht allein von der Vorstellung ausgehen darf: der dunkelgefärbte Borkenkäfer kann in der Sonne viel Strahlung resorbieren, wie es etwa bei FRANZ (9) geschieht. — Es ist noch keineswegs erwiesen, daß der dunkel aussehende Borkenkäfer auch wirklich die Masse der ihn treffenden Strahlung resorbiert. Die sehr feine Behaarung könnte durchaus eine Schutzwirkung besitzen. Weiter ist es bekannt, daß die poikliothermen Insekten auf bestimmte Reize mit Erhöhung der Körpertemperatur reagieren können. Intensive Sonnenstrahlung kann möglicherweise derartige Reizwirkung haben.

Unter diesen Voraussetzungen wurde versucht, die Temperaturschwelle für das Schwärmen von *curvidens* zu bestimmen.

Dazu wurden zwei Versuche durchgeführt:

1. Etwa 50 Käfer, die an einem Fangbaum abgesammelt waren, wurden in ein Becherglas gesetzt, das innen durch Drahtgaze und Rinde so eingerichtet war, daß die Käfer mit der Glaswand nicht in Berührung kamen. Ein in der Mitte eingehängtes Thermometer zeigte die Lufttemperatur im Behälter an. Das über Nacht im Kühlschrank vorsichtig auf + 3° abgekühlte Glas wurde ins Zimmer gebracht und erwärmte sich dort langsam auf + 19°. Diese Temperatur konnte nach etwa 3 Stunden erreicht werden. Der Versuch wurde mehrere Male wiederholt. Dabei ergab sich die in Tabelle 1 dargestellte Aktivität. Die Ergebnisse wurden dann im Freien nachgeprüft und deckten sich mit den Verhältnissen im dichten Hochwald weitgehend.

Bei + 4 bis + 5° beginnen die Käfer langsam ungerichtete Bewegungen auszuführen (Phase I in Tabelle 1). Diese gehen dann gleitend in lebhaftere Bewegungen mit völlig ausgestreckten Fühlern über (Phase II). Als Kriterium der Grenze zwischen I und II wurde die Ausführung von gerichteten Bewegungen bei voll ausgestreckten Fühlern gewählt. Bei + 15° etwa be-

gannen die ersten Käfer die Flügel zu entfalten und Flugversuche zu machen. Bei 16—17° waren die meisten damit beschäftigt (Phase III).

Bei Temperatur von +17° und mehr waren im Freien bald alle Käfer abgeflogen (Phase IV).

Tabelle 1

Steigende Aktivität von *curvidens* bei steigenden Temperaturen
(Mittel aus vier Freilandversuchen im Forstamt Schorndorf am 14. und 15. Juni 1948,
Versuche mit je 50 Käfern)

° C	I. Phase ungerichtete Bewegung	II. Phase lebhaftes Umherlaufen	III. Phase Beginn des Schwärmens (Strecken der Flügel)	IV. Phase Schwärmen
	Käfer	Käfer	Käfer	Käfer
+ 3	—	—	—	—
+ 4	2	—	—	—
+ 5	12	—	—	—
+ 6	27	—	—	—
+ 7	46	4	—	—
+ 8	30	20	—	—
+ 10	5	45	—	—
+ 12	3	47	—	—
+ 14	2	46	2	—
+ 15	1	35	14	—
+ 16	—	11	33	6
+ 17	—	6	32	12
+ 18	—	1	6	43
+ 19	—	—	3	47
+ 19 (nach längerer Zeit) .	—	—	—	50

2. Dieser Versuch sollte die Wirkung der Strahlungseinflüsse beweisen. Dazu wurden je 60 Käfer auf zwei Rindenstücke gesetzt, die in flachen Holzkästen lagen. Über das eine Rindenstück wurde ein Spiegel gehängt und dessen Stellung stets nach dem Sonnenstand korrigiert. Dadurch konnte totale Reflektion der Sonnenstrahlung erreicht werden. Um Einflüsse vom Boden her möglichst auszuschalten, die normalerweise auch nicht vorhanden sind, lag unter den Holzkästen eine mehrfach gefaltete Wolledecke.

Der Versuch wurde in der Nähe von Berchtesgaden in 1200 m Höhe und Südostlage durchgeführt. Er begann 6 Uhr morgens bei einer Lufttemperatur von +6,5°, die Sonneneinstrahlung erreichte 7.35 Uhr erstmalig das eine Rindenstück. Abb. 11 zeigt uns den Verlauf der Lufttemperatur und die verschiedenen Grade der Aktivität bei den besonnenen und unbesonnenen Käfern. Es zeigte sich, daß die Käfer in der Sonne bereits bei Temperaturen von +11° bis +14° schwärmten, während sie im Schatten erst zwischen +15° und +18° damit begannen.

Betrachten wir das Ergebnis des ersten Versuchs, so erscheint es wenig gerechtfertigt, *curvidens* als Frühschwärmer zu bezeichnen. Die benötigte Lufttemperatur liegt nur wenig unter der, die für den Spätschwärmer *typographus* genannt wird. Doch ändert sich das Bild sofort bei Einbeziehung des zweiten Versuches in die Betrachtung. Hier sehen wir ein Steigen der Aktivität in stärkerer Sonnenbestrahlung. Die im Gebirge ermittelten Werte sind besonders deutlich, da die Einstrahlung in Höhenlagen beträchtlich größer ist, als in der Ebene. Die Temperatur-

schwelle liegt hier so viel tiefer, daß die Bezeichnung Frühschwärmer gerechtfertigt erscheint.

Berücksichtigt man die stärkere Erwärmung der besonnten Rinde, die ein schnelles Erreichen der Mindesttemperaturen für das Verlassen der Verstecke zur Folge hat, so erscheint es leicht erklärlich, daß *curvidens* bereits in den ersten Frühlingstagen schwärmt. Da eine größere Zahl von Individuen jedoch regelmäßig in jüngeren

Entwicklungsstadien

überwintert, wird die erste Schwärmzeit trotzdem bis in den Mai hingezogen.

Mitte Februar 1948 konnte *curvidens* von mir zweimal beim Schwärmen beobachtet werden. Es war in Südhängen bei Reichenhall an sonnigen Tagen. BARGMANN (2) erwähnt das gleiche sogar vom 14. Januar.

Die Käfer reagieren schnell auf Temperaturveränderungen. Ebenso auf wechselnde Einstrahlungsintensität. Wenige Minuten nach einer Beschattung ließ das Schwärmen stark nach. Es ist nicht wahrscheinlich, daß nur die veränderte Körpertemperatur daran schuld ist. Ich halte den Wegfall bestimmter Teile der Sonnenbestrahlung, z. B. im Ultraviolett, für bedeutsam. Die sich ergänzende Wirkung von Temperatur und Einstrahlung ist kaum in Zweifel zu ziehen.

Außer diesen Faktoren scheint aber auch die Luftfeuchtigkeit einen bestimmten Einfluß auf das Schwärmen zu haben. Leider waren hierbei Messungen nicht möglich. Versuche mittels einer Mikromethode (Taupunktbestimmung) die Luftfeuchtigkeit in den Rindengängen zu bestimmen, scheiterten an der Ungenauigkeit der Messungsergebnisse. Es konnte lediglich beobachtet werden, daß vorangegangene Niederschläge, auch bei baldiger Wiedererwärmung, verzögernde Wirkung auf das Schwärmen auszuüben schienen.

Ein weiterer Faktor ist der Luftdruck, der unter gewissen Bedingungen starken Einfluß auf das Schwärmen haben kann. Die schon allgemein von Insekten bekannte Tatsache, daß bei plötzlich fallendem Luftdruck eine erhöhte Aktivität zu beobachten ist, konnte auch bei

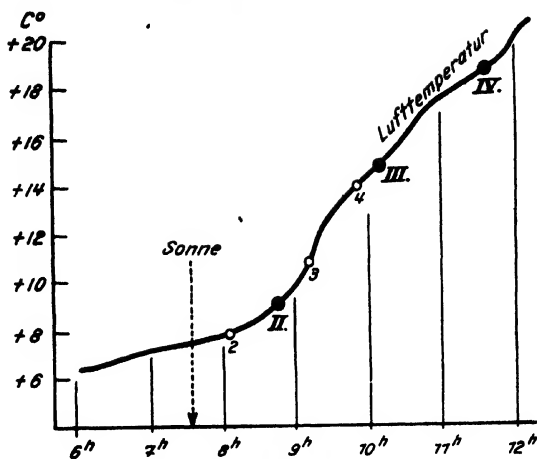


Abb. 11. Einsetzen des Schwärmens von *Pit. curvidens* Germ. im Freiland mit und ohne Besonnung (Erläuterungen siehe Text). Senkrechter Pfeil (7,36 h) Beginn der Sonneneinstrahlung
 ○ 2 Beginn der 2. Phase bei besonnten Käfern
 ○ 3 Beginn der 3. Phase bei besonnten Käfern
 ○ 4 Beginn der 4. Phase bei besonnten Käfern
 ● II Beginn der 2. Phase bei Käfern ohne Sonnenbestrahlung
 ● III Beginn der 3. Phase bei Käfern ohne Sonnenbestrahlung
 ● IV Beginn der 4. Phase bei Käfern ohne Sonnenbestrahlung

curvidens festgestellt werden. — Vor Gewitterfronten wurde mehrfach eine erhebliche Zunahme der Schwärmintensität beobachtet. Daß Insekten durch ihr Schwärmen nahende Unwetter anzeigen, wurde schon öfters beschrieben (z. B. bei UVAROV [38] zusammenfassend dargestellt).

Es sei nebenbei bemerkt, daß mit ziemlicher Sicherheit nicht der Luftdruck selber die Ursache ist, sondern eine von ihm abhängige Veränderliche der Atmosphäre. An Käfern, die unter einer Glasglocke saßen, in der durch Auspumpen der Druck erniedrigt wurde, war kein Zunehmen der Aktivität festzustellen.

6. Natürliche Widerstände

a) Abiotische Faktoren

Die Einwirkung abiotischer Faktoren ist bei *curvidens* seiner Lebensweise zur Folge mehr mittelbar über die Tanne, als unmittelbar möglich. Immerhin sind oben direkte Einflüsse von Temperatur und Strahlung mitgeteilt. Ebenso wurde die wahrscheinlich hemmende Wirkung höherer Feuchtigkeitwerte auf das Schwärmen angedeutet.

Einer besonderen Untersuchung wurden die extrem hohen Temperaturen unterzogen, die bei praller Besonnung in der Rinde auftreten. Es war beobachtet, daß frisch eingebaute Käfer bei einer längeren Besonnung Fangbäume wieder verließen. Außerdem konnte an entrindeten Stämmen, in denen *curvidens*-Larven eingebaute waren, in den Zonen, die längere Zeit der senkrechten Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren, keine lebenden Larven mehr festgestellt werden.

Zur Bestimmung der Rindentemperaturen mußte eine besondere Meßanordnung getroffen werden, da mit normalen, in die Rinde eingeführten Thermometern keine zuverlässigen Werte erhalten werden können. Zur Messung dienten kleine dünnwandige Thermometer, die mit dicken Wattleisolationsschichten umgeben und darüber mit Stanniol überzogen worden waren. So wurde erreicht, daß eine Wärmeleitung durch die Thermometer nach außen oder innen vermieden werden konnte. Die Thermometer waren gleichsam völlig von dem Medium Rinde umgeben. Die Isolierung war abnehmbar angebracht, so daß jederzeit die Temperatur abgelesen werden konnte. Die Thermometer wurden bereits am frühen Morgen so tief als möglich in der Rinde versenkt, damit bis zu Beginn der Sonneneinwirkung die Temperaturen ausgeglichen waren. Vom Zeitpunkt der ersten Besonnung ab wurden laufend alle 10 Minuten die Temperaturen abgelesen.

Die Messungen ergaben, daß bei Temperaturen von $+44^{\circ}$ alle Käfer die Rinde wieder verlassen hatten. Gleichzeitig konnten aber in besonnten Fangbäumen mehrfach Kameraltemperaturen bis $+60^{\circ}$ und darüber beobachtet werden. Dieses Ergebnis hat für die richtige Lagerung von Fangbäumen entsprechende Bedeutung.

Bei langsamer künstlicher Erwärmung im feuchtgehaltenen Gefäß wurden um $+60^{\circ}$ (Temperatur der Luft) an *curvidens* irreversible Wärmestarre beobachtet. Auch für kürzere Zeit wurde diese Temperatur nicht mehr ertragen, was wenig darunter noch der Fall war. Es ist anzunehmen, daß die obere tödliche Temperatursenke knapp unter dem genannten Wert liegt. Diese Temperaturen sind auffallend hoch, nur von wenigen Insekten sind ähnliche Fähigkeiten bekannt. PIERCE (nach UVAROV [38]) gibt für den cotton-boll-weevil (*Anthonomus grandis*)

Temperaturen bis zu 62° an, die je nach der Luftfeuchtigkeit für kürzere Zeit (10 bis 15 Minuten) noch ertragen werden. Dabei traten Wärmestarren bis zu 10 Stunden ein. In der von UVAROV (38) zusammengestellten Tabelle der höchsten Temperaturen, die noch ertragen wurden, wird für *Xylotrechus quadripes* (*Cerambycidae*) nach BOUTAN (1907) 60° angegeben, die für kurze Zeitspannen (5 Minuten) noch ertragen werden. Da diese Art ebenfalls ein Bewohner von Rinde ist, könnte die Fähigkeit hohe Temperaturen auszuhalten, vielleicht eine besondere Eigenschaft der Bewohner dieses Lebensraumes sein.

Eine Bestimmung tiefster Temperaturen erschien nicht gut möglich, da die Käfer, wenn sie langsam einwintern, sicher tiefere Temperaturen ertragen, als bei einer künstlichen Abkühlung gefunden würden. Die Festlegung dieser Grenze erscheint nicht so bedeutsam, da bereits von vielen Insekten große Kältehäuten bekanntgeworden sind. Eine Ausnahme ist kaum zu erwarten.

Wichtig dürfte biologisch die erträgliche Grenze der Erwärmungsgeschwindigkeit sein, da diese bei Besonnung im Winter mitunter recht erheblich sein kann. (Zur Bedeutung der Abkühlung und Erwärmung sei auf UVAROV [38] verwiesen.)

Von großer Bedeutung ist die Widerstandskraft der Larven gegen Austrocknung des bewohnten Mediums. Dazu wurden Untersuchungen vorgenommen, die eine sehr weitgehende Resistenz von *curvidens*-Larven gegen Austrocknung zeigten.

Eine Anzahl Fraßstücke wurden im trocknen geheizten Zimmer aufbewahrt und laufend auf den Entwicklungszustand der Larven untersucht. An gleichzeitig entnommenen Holz- und Rindenproben erfolgte Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts. Dies geschah durch Wägung und anschließender Darre bei + 105°, bis eine Gewichtsabnahme nicht mehr festzustellen war.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung lagen die Grenzwerte für die gerade noch mögliche Entwicklung bei einem Trockenheitsgrad, den z. B. im Walde lagerndes Brennholz nicht erreicht. Die gefundenen Werte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

Die Lebensmöglichkeit von Larven in Abhängigkeit von dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalt in Rinde und Holz
Für die Larven von *curvidens* und *spinidens*. (An Tanne)

Die Werte wurden durch Wägung bestimmt und sind Mittelwerte aus je zehn Messungen:

Larven von <i>curvidens</i> im Holz lebend				bei 17,8 % Feuchtigkeitsgehalt
" "	" "	" "	tot	" 16,2 % "
" "	" "	<i>spinidens</i> "	lebend	" 17,4 % "
" "	" "	<i>curvidens</i> in der Rinde	lebend	" 18,8 % "
" "	" "	" "	tot	" 17,0 % "
" "	" "	<i>spinidens</i> "	lebend	" 18,2 % "
" "	" "	" "	tot	" 16,5 % "
Zum Vergleich:				
1 Jahr im Wald gelagertes Brennholz				20—22 % "
Besonders trockene Äste am Baum, Rinde				19—20 % "
" " " " " Holz				20—24 % "
Jahrelang im Schrank aufbewahrte Fraßstücke				8—15,2 % "

Mit zunehmender Trockenheit ging auch die Entwicklungsgeschwindigkeit zurück. So konnte an vergleichsweise durchgeführten Zuchten in regelmäßig angefeuchteten Gläsern, bei denen der Feuchtigkeitsgehalt der darin aufbewahrten Hölzer nicht unter 28 % sank, eine erheblich größere Entwicklungsgeschwindigkeit beobachtet werden. Dies deckt sich mit Feststellungen an anderen holzbewohnenden Insekten (z. B. Hausbock), bei denen seinerzeit ebenfalls eine direkte Abhängigkeit der Entwicklungsgeschwindigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt des bewohnten Substrates nachgewiesen werden konnte.

Von anderen Insektenlarven ist bekannt, daß bei einem bestimmten Grad der Austrocknung der Entwicklung völlig zum Stehen kommt und bei noch weitergehender Minderung der Feuchtigkeit im umgebenden Medium der Zustand irreversibel wird. Diese beiden Grenzen müssen bei *curvidens* sehr nahe an die letale Grenze gerückt sein, denn bei 18,8 % Feuchtigkeitsgehalt noch lebende Larven wurden zum Teil mit ihrem Fraßstück in eine feuchte Kammer verbracht, wobei die Feuchtigkeit in der Rinde bald wieder auf 25 % stieg, was eine normale Weiterführung der Larvenentwicklung zur Folge hatte.

Die schon bei der Untersuchung der Schwärmgewohnheiten erwähnten mißglückten Versuche zur Bestimmung der relativen Feuchtigkeit in den Brutgängen hätte auch eine gewisse Bedeutung für die Kenntnis der auf die Larvenentwicklung einwirkenden Faktoren gehabt. Es hätte so vielleicht die Frage der Schimmelbildung in den Gängen geklärt werden können, die vereinzelt gefunden wurde.

b) Biotische Faktoren

Unter den biotischen Faktoren steht die Futterpflanze mit ihren günstigen oder ungünstigen Bedingungen für die Brut im Vordergrund. Im einzelnen soll darauf bei den Versuchen zur Disposition des Brutbaumes eingegangen werden. Hier seien zunächst nur die in mehr oder weniger parasitischem Verhältnis zu *curvidens* stehenden Lebewesen behandelt.

Neben einer Reihe von Arten, deren Parasitismus oder räuberische Lebensweise bei *curvidens* sicher bekannt ist, steht eine Gruppe, bei der die Beziehungen zu *curvidens* nicht genau zu definieren sind, oder die als „nur Gelegenheitsparasiten“ bekannt wurden. An diese schließt sich die große Schar der Kommensalen, der „harmlosen Mitbewohner“ an. Sie leben meist saprophag in den Gängen oder machen auf kleinere „Untermieter“ Jagd.

Außer den Vertretern der ersten Gruppe werden daher einige Arten aufgeführt, deren Stellung in der engeren Biozönose ungewiß ist. Der Vollständigkeit halber auch noch einige häufigere oder auffallende Vertreter der dritten Gruppe.

Parasitische Pilze konnten bei *curvidens* nicht beobachtet werden, während solche bei *typographus* bekannt wurden. Ebenso waren biotisch begründete Erkrankungen nicht festzustellen. In zwei Fällen, in denen

bei geringer Ausdehnung eine erhebliche Sterblichkeit unter den Larven gefunden wurde, konnte zwar keine andere Ursache nachgewiesen werden, doch gelang der Nachweis einer Infektion auch nicht. Die Möglichkeit muß also offenbleiben.

Größer ist dagegen die Zahl der tierischen Feinde. Es wurden bei *curvidens* in den Brutbildern folgende Arten festgestellt:

Coleoptera

Dromius agilis F. (*Carabidae*) wurde in Waldmünchen unter Borkenkäferfrinde bei *curvidens* festgestellt. Die Anwesenheit der Art auf und unter der Rinde ist bekannt, als typischer Räuber bei Borkenkäfern kommt sie nicht in Betracht.

Phloeopora corticalis Grav. (*Staphylinidae*) gehört zu den oft in großer Anzahl die Gänge von Borkenkäfern bevölkernden winzigen Staphyliniden. Die Lebensweise ist noch nicht restlos geklärt. ESCHERICH (9) hält diese kleinen Arten auch für Räuber. Daß sie, wenn sie überhaupt Räuber sind, Borkenkäferlarven angreifen, erscheint nicht sehr wahrscheinlich. Bestimmt sind es nur Ausnahmefälle. Da die Art auch unter unbefallener Rinde zu finden war, erscheint es wahrscheinlicher, daß sie auf die reiche Microfauna, vor allem Milben, Collemholen und ähnliche Tiere Jagd macht.

Homalota plana Gyll. (*Staphylinidae*). Hier gilt das gleiche wie bei der vorhergehenden Art. Sie war in Waldmünchen wesentlich häufiger als *corticalis*, aber nicht so häufig wie *pusillus* (siehe unten).

Placusa tachyperoides Walzl. (*Staphylinidae*) konnte in Sulzburg zusammen mit *Phl. pusillus* gefunden werden. Vereinzelt auch in Schorndorf und Waldmünchen.

Placusa atrata Sahlb. (*Staphylinidae*). Wie die vorige Art in Sulzburg im Schwarzwald. *Atrata* war bisher von Tanne noch nicht genannt worden. In der Literatur wird sie meist als selten an Weide aufgeführt. Ihre Lebensweise dürfte die gleiche sein wie die der vorhergehenden Arten.

Metoponcus brevicornis Er. (*Staphylinidae*) wurde in Schorndorf einmal in großer Anzahl an Tannen und Lärchen bei *curvidens* und *spinidens* gefunden. Die Käfer ähneln in Aussehen und Verhalten den Larven der Kamelhalsfliegen (*Raphidia*), so daß im ersten Augenblick sogar eine Verwechslung möglich ist. *M. brevicornis* wurde von GANGLBAUER, nach REITTER (28), als typischer Räuber von *curvidens* beschrieben. Ihre Larven, die ebenfalls in großer Anzahl in den Gängen zu finden waren, beteiligten sich weitgehend an der Vernichtung der *curvidens*-Larven. Viele Brutbilder waren von diesen Käfern und ihren Larven völlig ausgefressen. Auch Jungkäfer von *curvidens* werden von der Imago überwältigt. Dabei versuchen sie ebenso wie *Clerus formicarius* stets die Käfer zwischen Pro- und Mesothorax zu packen und dort eine Verletzung zu erzielen. Die als selten bezeichnete Art wurde bei Schorndorf einmal sehr zahlreich gefunden. Außerdem im bayrischen Wald selten.

Nudobius lentus Grav. (Staphylinidae). Die Art ist, ähnlich wie die vorige, ein ausgesprochener Räuber und zählt zu den auf Ipiden spezialisierten Staphyliniden. Bei *Ips typographus* konnte sie ebenfalls beobachtet werden. Im bayrischen Wald, wo die Art öfters gefunden wurde, kann sie nicht als selten betrachtet werden. An anderen Stellen war sie dagegen ausgesprochen selten. Gefunden wurde sie noch bei Schorndorf, Berchtesgaden und Reichenhall.

Phloeonomus pusillus Grav. (Staphylinidae) ist eine sehr häufig in den Gängen aller drei Arten von *Pityokteines* zu findende kleine Staphylinide. Einzelne Brutbilder enthielten oft bis zu hundert und mehr der winzigen Käfer. Es kann daher nicht angenommen werden, daß sie den Larven ernstlichen Schaden zufügen. Wenn sie überhaupt räuberisch leben, dann gilt ihre Jagd sicher nur kleinsten Kommensalen.

Paromalus parallelopipedus Herbst. (Histeridae), die kleinen kugligen Käfer konnten in Waldmünchen mehrfach in Anzahl beobachtet werden. Zusammen mit ihren Larven leben sie räuberisch in den Gängen von *curvidens* und machen Jagd auf die Larven. Es fielen ihnen jedoch nicht nur die *curvidens*-Larven zum Opfer, sondern auch die ebenfalls räuberischen lebenden Larven von *Rh. depressus* und Chalcidienlarven, die an den *curvidens*-Larven saßen.

Rhizophagus depressus F. (Nitidulidae). Mit dem schon genannten *Ph. pusillus* ist diese Art ein „Charaktertier“ unter den sekundären Bewohnern von *curvidens*-Brutbildern. Die Imago sowohl wie die Larven leben von der Brut von *curvidens*, die sie zum Teil erheblich dezimieren. Die Käfer schwanken sehr in der Größe. Die kleinsten ♂♂ waren 2,4 mm lang, die größten ♀♀ 3,6 mm.

Laemophloeus alternans Er. (Cucujidae) wurde vereinzelt bei *curvidens* in Schorndorf beobachtet. Über die Lebensweise ist wenig bekannt. Ihrem Verhalten nach müßte sie zu den indifferenten Arten gezogen werden. *L. alternans* gilt als große Seltenheit und konnte bisher nur an wenigen Stellen Süddeutschlands festgestellt werden.

Clerus formicarius L. (Cleridae). Diese Art, als typischer Räuber bei *typographus* bekannt, ist auch bei *curvidens* nicht selten. Jedoch weniger häufig als bei *typographus*. Dies mag auf seine Größe, die ihm das Vordringen in die Gänge von *curvidens* nur noch schlecht gestattet, zurückzuführen sein. Seine Larven waren nur als Junglarven häufiger in den Gängen zu finden, Altlarven waren Ausnahmen. Die in *curvidens*-Brutbildern gefangenen Stücke waren alle viel kleiner, als die aus Brutbildern von *typographus*. Es könnte eine Hungerform vorliegen.

Anthicus floralis L. (Anthicidae) trat mehrfach in den Gängen von *curvidens* bei Schorndorf auf. Die Art ist aus faulendem Holz bekannt und entweder überhaupt harmlos oder als Räuber ganz unbedeutend.

Hymenoptera

Bei *curvidens* wurden eine Chalcide *Pachyceras xylophagorum* Ratz. als Parasit festgestellt. In der Literatur waren bisher zwei Arten

(*Conostignus pusillus* Rtzbg. und *Rhaptrocerus xylophagorum* Rtzbg. (= *Pachycerus xyl.*) nach ESCHERICH (9), der nach KLEINE zitiert), bekannt.

Im Anschluß an diesen Abschnitt wird das Ergebnis der Bearbeitung des Parasitenmaterials durch Prof. Dr. SACHTLEBEN im Original gegeben.

Die schmarotzenden Chalcididenlarven, die außen an der Borkenkäferlarve sitzen, scheinen diese stets nur so weit zu schwächen, daß sie gerade noch leben können. Die mit Parasiten besetzten Larven erkennt man schon leicht daran, daß sie hinter den Geschwistern mit der Fraßganglänge zurückbleiben. Später, wenn die anderen Larven sich verpuppen oder sich einbohren, fressen parasitierte Larven geradeaus weiter. Man findet dann übermäßig lange Larvengänge, an deren Ende die Reste der Borkenkäferlarve und die Parasitenpuppe zu finden sind.

Myrmicola ruginoides Nyl. (*Formicidae*). Die Arbeiterinnen dieser Ameise wurden bei Schorndorf dabei beobachtet, wie sie vom Baum herab *curvidens*-Larven anschleppten. Die Ameisen drangen durch die Rindenritzen in die Brutbilder ein und holten eine Larve nach der anderen heraus. Es dürfte sich um eine zufällige Gelegenheit gehandelt haben, daß sie regelmäßig auf Borkenkäfer Jagd machen, erscheint nicht wahrscheinlich.

Rhynchota

Temnostethus gracilis Horv. (*Anthecoridae*). Diese kleine Raubwanze wurde in Schorndorf in den Gängen von *curvidens* gefunden. Sie ist auf die Coccoide *Cryptococcus fagisuga* Ldgr. und verschiedene Psociden spezialisiert. Es erscheint nicht besonders wahrscheinlich, daß sie sich mehr als bei Gelegenheit an Borkenkäferbrut vergreift.

Aneurys avenius Duf. (*Dysodiidae*). Die Art trat in Sulzburg in den Gängen von *curvidens* und *vorontzowi* auf. Über ihre Biologie ist nichts Sicheres bekannt. Sie ist vermutlich Pilzfresser, gegenteilige Beobachtungen wurden nicht gemacht.

Chelonethi

Cheiridium muscorum Leach. Diese auffallenden kleinen Pseudoskorpione sind oft in großer Anzahl in den Gängen zu finden. Es scheint aber so, als stellten sie nur den Psociden und Milben nach, während sie die Borkenkäferbrut ungestört lassen. Trifft dies zu, so könnten sie sogar als für die Borkenkäfer nützlich gelten.

Obisium dunicola Koch. Auch bei dieser Art ist anzunehmen, daß sie nur auf Milben usw. Jagd macht. Ihrer Größe nach wäre sie eventuell noch in der Lage Junglarven anzugreifen.

Sehr umfangreich ist die Zahl der kleinsten Mitbewohner in den Borkenkäfergängen. Die meisten dürften dabei harmlose Raumbenutzer sein. Unter den Milben sind vielleicht einige parasitisch an die Borkenkäferlarven gebunden, ohne daß diese ernstlich geschädigt werden. Außer Milben bevölkern oft Psociden und Collembolen in großer Zahl die Brutbilder.

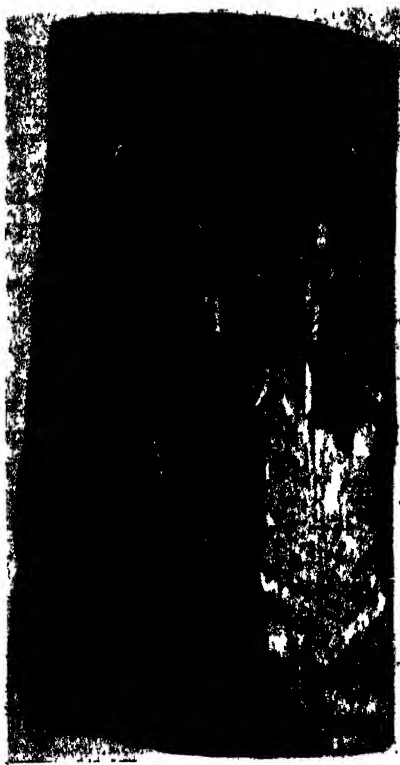


Abb. 12. Spechtarbeit an entrindetem Tannenstamm mit Splintholzbefall von *Pit. curvidens* Gorn. (Verkleinert)

Vertebrata

Dryobates major und *medius* (*Aves*). Die beiden "Buntspechtarten konnten mehrfach bei der Arbeit an Käferbäumen beobachtet werden. Eine besonders auffällige Beschädigung von Stämmen, in die Larven von *curvidens* eingebohrt waren, ist ebenfalls ihnen zuzuschreiben. Sobald diese Stämme entrindet werden, sieht man oft massenhaft aufgesplitterte Stammstücke, wie sie die Abb. 12 zeigt. Sie wurden von den Spechten auf eingebohrte Larven abgesucht. Diese Bearbeitung erfolgte aber nur, wenn der Stamm entrindet, oder die Rinde an einer Stelle abgefallen war. Solange die Rinde noch am Stamm haftete, konnten die Spechte die Larven im Splint scheinbar nicht finden.

Der Vollständigkeit halber sei zum Schluß noch auf zwei Raubenutzer bei *curvidens* hingewiesen. Die beiden Ipiden *Crypturgus pusillus* Gyll. und

cinereus Hrbst. wurden häufig an Tanne und Lärche, *pusillus* auch an Douglasie, beobachtet.

Die Übersicht zeigt, daß *curvidens* von einer größeren Anzahl Räuber und Parasiten verfolgt wird. Doch hat keine der Arten eine entscheidende Bedeutung bei der Steuerung einer Gradation. Auch die auf Ipiden spezialisierten Hymenopteren waren im Vorkommen stets nur engbegrenzt, oder selten. Der durch Räuber und Parasiten gebildete Widerstand der Umwelt kann bei *curvidens* kaum „als ins Gewicht fallend“ angesehen werden.

c) Parasiten aus Larven der Gattung *Pityokteines*

Die Bestimmung der gezogenen *Pityokteines*-Parasiten durch Prof. Dr. H. SACHTLEBEN hat folgende drei Arten ergeben (Originalbericht):

1. *Pachyceras xylophagorum* Ratz. (*Chalcidoidea*, *Pteromalidae*, *Merisinae*).

4 ♀: Waldmünchen, August 1948. Bei *P. curvidens*.

5 ♀: Schorndorf, Juli 1948. Bei *P. curvidens*.

- 1 ♀: Schorndorf, August 1948. Bei *P. spinidens*.
 17 ♂: Waldmünchen, August 1948. Bei *P. curvidens*.
 1 ♂: Waldmünchen, August 1948. Bei *P. vorontzowi*.
 1 ♂: Schorndorf, August 1948. Bei *P. spinidens*.

Ptyokteines curvidens Germ. ist bereits als Wirt von *Pachyceras xylophagorum* Ratz. bekannt, nicht aber, soweit ich feststellen kann, *P. spinidens* Reitt. und *P. vorontzowi* Jakobs. *Pachyceras xylophagorum* Ratz. ist ein häufiger Ipiden-Parasit, z. B. *Ips. typographus* L. und zahlreichen anderen Arten, die bei KLEINE (Die europäischen Borkenkäfer und die bei ihnen lebenden Räuber, Parasiten und Commensalen, Ent. Bl. 40, 83, 1944) zusammengestellt sind.

Die Art findet sich in der Literatur meist unter dem Gattungsnamen *Roptrocerus* als *Roptrocerus xylophagorum* Ratz. 1844 wurde von RATZBURG die Gattung *Pachyceras* (und in ihr die Art *xylophagorum*) beschrieben (Ichneum. Forstins. 1, 217). 1848 (Ichneum. Forstins. 2, 209) änderte RATZBURG den Gattungsnamen *Pachyceras* in *Roptrocerus*, da er annahm, daß der Name *Pachyceras* bereits an eine Rüsselkäfergattung vergeben sei. Dies war jedoch ein Irrtum: Der Name der Rüsselkäfergattung ist *Pachycerus*, präokkupiert daher nicht *Pachyceras*. Die Art muß mithin *Pachyceras xylophagorum* Ratz. heißen.

2. *Pteromalus capitatus* Först. (Chalcidoidea, Pteromalinae).

- 2 ♀, 1 ♂: Regensburg, Juni 1948. Bei *P. spinidens*.

Ich halte diese drei von Ihnen gezogenen Exemplare für die von RATZBURG (Ichneum. Forstins. 2, 196 und Taf. III, Fig. 7, 1848) *Pteromalus capitatus* Först. genannte Art, die er nach einem ♂ beschrieben und abgebildet hat, das von NÖRDLINGER in Hohenheim „aus einem Fichtentrum, in welchem vorzugsweise *Hyles. poligraphus*, Bostr. *pitographus* und ein einziges Stück von Bostr. *Abietis* gegessen hatten“ gezogen wurde. Sehr ähnlich sind auch die von ASHMEAD (Description of New Parasitio Hymenoptera, Trans. Amer. Ent. Soc. 21, 337—338, 1894) aus MORGENTOWN, W. Va., USA., als *Cecidostiba dendroctoni* (Wirt: „*Dendroctonus frontalis* living in pine, and *Polygraphus rufipennis* in spruce“) beschriebenen Arten.

Die Unterbringung von *capitatus* Först. in der Gattung *Pteromalus* Swed., die zu RATZBURGS und FÖRSTERS Zeit ein Sammelplatz für zahlreiche Arten war, die heute in verschiedenen Gattungen untergebracht werden, dürfte nicht aufrechterhalten werden können; die Frage, in welche Gattung *capitatus* Först. heute zu stellen ist, kann aber im Rahmen dieser Bestimmung nicht gelöst werden und bedarf eingehenderer Untersuchung; die Gattung *Cecidostiba* Thoma., zu der ASHMEAD seine beiden oben genannten Arten stellt, deren übrige von THOMSON (1878) beschriebene Arten aber aus Eichengallen gezogen wurden, scheint mir auch nicht recht in Frage zu kommen.

Als Wirte von *Pteromalus capitatus* Först. werden von KLEINE (l. c. p. 82) angegeben: „*Cryphalus abietis* Ratz., *C. saltuarius* Weise,

Pityophthorus micrographus L., *P. pubescens* Marsh., *Polygraphus poligraphus* L., *Eccoptogaster Ratzeburgi* Jans., *E. scolytus* Fabr.“

3. *Ecphyllus hylesini* Ratz. (*Ichneumonoiden Braconidae, Hecabolinae*).
2 ♀ Regensburg, Juni 1948. Bei *P. spinidens*.

Ecphyllus hylesini (Ratz.) ist als Parasit einer großen Zahl von Ipiden bekannt (Zusammenstellung bei KLEINE, l. c., p. 79; Telenga 1941, gibt außerdem noch *Pityogenes chalcographus* L. und *Phthorophloeus spinulosus* Rey als Wirte an), offenbar bisher jedoch noch nicht von *Pityokteines spinidens* Reitt.

D. Bionomie und Phänologie der Verwandten (*P. vorontzowi* Jakobs. und *spinidens* Reitt.)

Die beiden kleineren Arten der Gattung *Pityokteines* Fuchs sind viel weniger bekannt und noch weniger biologisch untersucht worden als *curvidens*. Dies mag an der späten Erkennung der artlichen Unterschiede liegen, doch mehr wohl an ihrer unauffälligen Lebensweise. Selten werden von einer Art allein Bäume befallen, fast stets sind sie, scheinbar wenigstens, Begleiter von *curvidens*. Sicher werden sie nicht selten überhaupt übersehen. Es wird noch gezeigt werden, welche schwerwiegenden Folgen dies haben kann.

Die Abweichungen in der Biologie der drei Arten untereinander sind recht erheblich. Nach dem Brutbild wäre eine enge Zusammengehörigkeit kaum zu erwarten. Doch erkennt man bei näherer Betrachtung wohl, daß die bestehenden Unterschiede meist durch die Verschiedenartigkeit der Lebensräume, denen die Arten speziell angepaßt sind, verursacht wird. Eine gemeinsame Grundform läßt sich erkennen. Ähnlich ist es bei den meisten Erscheinungen ihrer Biologie.

1. Bruthölzer

In Mitteleuropa ist die Hauptfutterpflanze von *vorontzowi* und *spinidens* ebenfalls *Abies alba* (*pectinata*). Während diese für *vorontzowi* wohl im ganzen Verbreitungsgebiet die Futterpflanze ist und höchstens im Südosten durch eine verwandte Art ersetzt wird, kommt *spinidens* im Osten vor allem auf *Picea orientalis* vor. Möglicherweise ist dies dort überhaupt seine wichtigste Futterpflanze. Dafür spricht, daß SCHIMITSCHEK (31) ihn als den zweitwichtigsten Borkenkäfer an *Picea orientalis* bezeichnet, der meist zwar mit *Ips sexdentatus* vergesellschaftet auftritt, jedoch auch alleine die orientalische Fichte befallen kann.

Es sind für beide Arten bereits eine ganze Reihe von Koniferen bekanntgeworden, an denen sie gebrütet haben. Wenn diese Reihe noch nicht den Umfang der für *curvidens* bekanntgewordenen Zahl von Bruthölzern erreicht, so ist dies sicher nur auf die geringere Beachtung, die die beiden Arten bisher fanden, zurückzuführen. Ich halte es für wahrscheinlich, daß sie an allen Koniferen, die von *curvidens* befallen wurden, ebenfalls brüten können. Im einzelnen sind bisher bekannt:

Für *spinidens*:

Abies alba Mill., *bornmülleriana* Mattf., *nordmanniana* Spach.

Larix decidua Mill.

Picea orientalis Link.

Pinus silvestris L.

Für *vorontzowi*:

Abies alba Mill., *bornmülleriana* Mattf.

Pseudotsuga taxifolia Britt.

Larix decidua Mill.

Spinidens tritt bei uns am nördlichen Alpenrand und in den künstlichen Anbaugebieten der Lärche recht häufig auf. Er machte sich auch als Zerstörer von Kulturen und in Pflanzgärten bemerkbar. So fand ich ihn auf 6—8jährigen Lärchen an einigen Stellen in großer Anzahl. Dazu Abb. 16. Da er auch gesündere Bäume als *curvidens* befällt, was unten noch gezeigt werden wird, kann er unter Umständen auf diese Weise von besonderer Schädlichkeit sein.

Das Vorkommen an Douglassie wurde von mir in Sulzburg für *vorontzowi* festgestellt. *Spinidens* wurde nicht gefunden, obwohl er in der Nähe vorkam. Da er dort aber selten war, besteht die Möglichkeit, daß er übersehen wurde.

2. Generationsverhältnisse

Die Generationsverhältnisse sind bei beiden Arten noch wenig geklärt. SCHIMITSCHEK (31) gibt für *spinidens* unter den türkischen Verhältnissen zwei und eventuell noch eine schwache dritte Generation an. Dies deckte sich mit den Beobachtungen über die Entwicklungszeiten, die ich in Süddeutschland machte. Gleichzeitig erwähnt SCHIMITSCHEK auch die lang ausgedehnte Schwarmzeit, die er mit mikroklimatischen Einflüssen erklärt. Über diese Frage abschließende Angaben zu machen, dürfte verfrüht sein, doch halte ich die anerkannten mikroklimatischen Einflüsse nicht für die einzige Ursache. Ich konnte im Raum Schorn-dorf ebenfalls diese lang ausgedehnte Schwarmzeit beobachten. Das gleiche fand ich bei *vorontzowi* im Bayrischen Wald, bei Waldmünchen.

Wesentliche Bedeutung messe ich dem Brutmaterial bei. So beobachtete ich an einem Gipfelstück, das bei der ersten Untersuchung frisch eingebohrte Käfer zeigte, im Laufe der Zeit zunehmende Verzögerung der Entwicklung bei *spinidens*-Larven in den Ästen gegenüber denen im Stamm. Zum Teil mag dafür die schnellere Austrocknung der Äste verantwortlich sein, die eine bedeutsame Verzögerung der Entwicklung verursachen kann, wie bereits erwähnt wurde. Die außerordentliche Differenz in den schließlich benötigten Entwicklungszeiten halte ich aber damit auch nicht für genügend erklärt, sondern vermute weitgehende Beeinflussung durch die verschiedenen physiologischen Verhältnisse im Baum.



Abb. 13. Brutfraß von *Pit. vorontzowi* Jakobs an Tanno. ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

SCHIMITSCHEK (l. c.) spricht auch von eventuellen Geschwisterbruten bei *spinidens*. Ich habe derartige Bruten beobachten können, allerdings trifft der Begriff Geschwisterbrut hier nicht ganz genau zu. Es wird nämlich zwischen diesen Bruten kein Generationsfraß ausgeführt. Vielmehr scheint es sich um Käfer zu handeln, die in dünneren Ästen gebrütet haben und deren Eivorrat bei Erreichung der im Brutmaterial größtmöglichen Mutterganglänge noch nicht erschöpft war. Deshalb legten sie sofort neue Brutbilder an.

Im Forstamt Sulzburg, im Schwarzwald, gelang es mir auch einen den Regenerations-Totfraß von *curvidens* ähnlichen Fraß bei *spinidens* zu beobachten (Abb. 15). SCHIMITSCHEK (l. c.) erwähnt ihn ebenfalls. In der Form erinnert das Fraßbild manchmal an das von *M. piniperda*, nur ist es natürlich viel kleiner. In der Regel ist der Fraß ganz ungleichmäßig längs der Faserrichtung angelegt. Der Fraß trat vereinzelt an älteren Tannen bis zum Fuß herab auf. Er enthielt in jedem Fall zahlreiche Mumien von Altkäfern, selten auch ein paar Larvengänge.

Bei *spinidens* scheint somit die Generationenfolge der *curvidens* ähnlich zu sein. In den dünneren Ästen dürfte die Eiablage noch mehr in die Länge gezogen werden. Dies bewirkt wiederum eine größere Verlängerung der Schwarmzeiten und führt dazu, daß eigentlich fast immer Käfer schwärmen. Um die „normalen“ Flugdaten nimmt die Intensität dann etwas zu.

Ebenso halte ich bei *vorontzowi* die Generationenfolge für ähnlich der von *curvidens*. Vielleicht dauert die Entwicklung einer Generation durchschnittlich etwas länger, doch ist es sicher, daß auch er im Jahr zwei Generationen zur Entwicklung bringen kann. Von *vorontzowi*



Abb. 15. Regenerations-Totfraß von *Pit. spinidens* Reitt. an Jungknochen. (Etwa nat. Gr.)

befallene Äste, die unter denselben Bedingungen wie gleichzeitig laufende *curvidens*-Zuchten gehalten wurden, zeigten nur geringfügige Unterschiede in der Länge der Entwicklungszeit. Die Jungkäfer verließen nur wenige Tage später als die von *curvidens* die Brutstätten. In Waldmünchen konnten Anfang August viele Jungkäfer beim Einbohren beobachtet werden. Die von ihnen angelegten Brutbilder enthielten Mitte Oktober bereits Puppen.

3. Bilder des Fraßes

Die Brutbilder von *spinidens* und *vorontzowi* sind beides Sterngänge mit verschiedener Anzahl von Brutarmen. Von *curvidens* sind sie auf den ersten Blick zu unterscheiden, untereinander ist es etwas schwerer.

Spinidens zeigt einen unregelmäßigen Stern, bei dichtem Befall oft unentwirrbares Knäuel von Muttergängen. Das Brutbild zeichnet sich durch geringe Breite und Tiefe der auf dem Splint hinterlassenen Spuren aus. Die Rammelkammer wird auf dem Splint genagt und ist bei vorsichtiger Ablösung der Rinde dort gerade noch zu erkennen.

Viele Mutterarme, die in Form eines Strahlenbündels von einer Astgabel ausgehen, sind typisch für Brutbilder von *spinidens* (Abb. 14, 16).



Abb. 14. Brutfraß von *Pity. spinidens* Reitt. an Tanne (links) und Lärche (rechts). ($\frac{1}{3}$ nat. Gr.)



Abb. 16. Brutfraß von *Pity. spinidens* Reitt. an Junglärchen. (Etwa nat. Gr.)

Vorontzowi bildet ebenfalls ungleicharmige Brutbilder. Doch ist der Verlauf der Brutarme viel regelmäßiger als bei *spinidens*. Die Fraßbilder zeigen in der überwiegenden Mehrzahl fünf Arme. Diese laufen, nach kurzem Ausstrahlen in die verschiedensten Richtungen, genau waagrecht zum Stamm, was sehr bezeichnende Brutbilder ergibt. (Abb. 13). Dazu hat *vorontzowi* stets tief in den Splint eingenagte Rammelkammern, von denen außer den Muttergängen manchmal noch ganz kurze Arme ausgehen, die vom Männchen ausgenagt werden. Das Männchen scheint die Rammelkammer laufend zu erweitern. Diese Erscheinung könnte als Ernährungsfraß gedeutet werden.

Die oft erwähnte auffallende Breite der Muttergänge von *vorontzowi* im Verhältnis zu seiner Größe wird vor allem durch die tief in den Splint eingenagten Gänge vorgetäuscht. Dazu kommt die weite Stellung der Eigruben. Tatsächlich erreicht die wirkliche Breite der Gänge kaum die von *spinidens*. Meist sind sie auch kürzer als die Gänge des letzteren. Dies mag auch den Eindruck der größeren Breite erhöhen.

In der Anlage der Puppenwiegen unterscheiden sich die beiden Arten wesentlich von *curvidens*. Während *spinidens* selten und nur in dünneren Ästen zahlreicher, die Puppenwiegen ins Holz einbohrt, die ganz vereinzelt beobachtet werden konnte. Die Puppenwiegen sind nur seichte Vertiefungen der Larvengänge im Splint.

Reifungsfraß wird von beiden Arten genauso wie bei *curvidens* nach Verlassen der Puppenwiegen in der Rinde des Brutbaumes ausgeführt.

Ein Regenerationsfraß konnte bei *vorontzowi* nicht beobachtet werden, ohne daß sein Vorkommen ausgeschlossen erscheint. Von *spinidens* wurde er bereits beschrieben und in Abb. 15 abgebildet.

Überwinterungsfraß wird von beiden Arten verübt, und zwar, vorwiegend in den Gipfeln und dickeren Ästen. Er ist nicht leicht vom *curvidens*-Fraß zu unterscheiden. Bei einiger Übung ist die Trennung jedoch stets sicher möglich, da er deutlich kleiner ist. Von *Cr. picae* kann man ihn gut unterscheiden, da er keine krebsigen Verbildungen in der Rinde hervorruft. Die Gefährlichkeit des Überwinterungsfraßes entspricht etwa der vom Überwinterungsfraß bei *curvidens*. Im Forstamt Sulzburg, wo *Cr. picae* in solchen Massen auftrat, daß durch den Überwinterungsfraß von ihm die Zweige der Tannen zur Hälfte rot waren, schien stets nur *Cryphalus picae* der Übeltäter zu sein. Dort wo nur *vorontzowi* gefressen hatte, lebten die Zweige noch.

4. Natürliche Widerstände

a) Abiotische Faktoren

Auf Grund der Untersuchungen kann angenommen werden, daß die Proportionen der einzelnen Umweltseinflüsse bei *spinidens* und *vorontzowi* denen bei *curvidens* ähnlich sind. Da aber bereits geringe Verschiebungen der einzelnen Werte entscheidende Veränderungen in der Gesamtwirkung hervorrufen können, muß man mit Rückschlüssen vorsichtig sein.

Bei *spinidens* wurde die erträgliche Grenze der Austrocknung des Holzes und der Rinde speziell untersucht. Da *spinidens* öfters in trocknenden Ästen angetroffen werden konnte, war es von Interesse, die Grenze der vertragenen Austrocknung zu kennen, um so teilweise Auskunft über die vermutete größere ökologische Valenz zu erhalten. Das Verfahren der Untersuchung war das gleiche, wie bei *curvidens* beschrieben. Die Ergebnisse zeigten nicht mit Sicherheit eine größere Resistenz gegen Austrocknung. Eine Entscheidung, ob *spinidens* als euhygre Art wie *curvidens* anzusprechen wäre, kann nicht gefällt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Als sicher kann aber angenommen werden, daß *spinidens*-Larven alle Trockenheitsgrade, die im Freien in Frage kommen, aushalten. Ob auch alle mögliche Höchsttemperaturen, die durch Besonnung eintreten können, ertragen werden, bleibt fraglich.

Vorontzowi wurde nicht speziell untersucht, doch erweckte das allgemeine Bild den Eindruck, als sei dieser empfindlicher gegen Austrocknung als *curvidens* und *spinidens*.

b) Biotische Faktoren

Bei *spinidens* und *vorontzowi* stehen wie bei allen sekundären Borkenkäfern die Einflüsse des Brutbaumes an der Spitze der biotischen Faktoren. Wie bei *curvidens* sei auf die später folgenden Untersuchungen dazu verwiesen. Da Pilzkrankungen und Seuchen nicht gefunden wurden, seien hier nur die beobachteten Räuber und Parasiten mitgeteilt. Für sie gilt das gleiche, was bei *curvidens* über die engere Biozönose gesagt wurde. Aus der Literatur sind bisher noch keine derartigen Arten bekannt. Die bei *curvidens* nicht gefundenen Arten sind durch * vor dem Namen gekennzeichnet. Die Räuber sind meist die gleichen wie bei *curvidens*, soweit sie bei diesem nicht beobachtet wurden, sind sie von anderen Arten die in Ästen leben, bereits bekannt. Unter den parasitischen Hymenopteren waren bei *spinidens* noch zwei andere Arten, als bei *curvidens*.

Bei *spinidens* wurden beobachtet:

Coleoptera.

Metoponcus brevicornis Er. (*Staphylinidae*). Verhalten wie bei *curvidens* beschrieben. Forstamt Schorndorf.

Nudobius lentus Grav. (*Staphylinidae*). Die Art trat bei *spinidens* nur sehr selten auf, vermutlich war ihr ihre Größe hinderlich.

Phloeonomus pusillus Grav. (*Staphylinidae*). Die Art war bei *spinidens* fast noch häufiger als bei *curvidens*.

Rhizophagus depressus F. (*Rhizophagidae*). Verhalten wie bei *curvidens* beschrieben.

Clerus formicarius L. (*Cleridae*). Die Larven wurden vereinzelt in den Brutbildern gefunden. Aber stets nur jüngere, ältere Larven und Käfer konnten nicht beobachtet werden.

* *Hypophloeus linearis* F. (*Tenebrionidae*). Die Art ist typisch für in Ästen angelegte Brutbilder und von dort bereits für eine ganze Reihe von Arten bekanntgeworden. Die Tiere sind nicht besonders häufig und auch stets lokal in ihrem Auftreten. Von mir wurden sie bei Regensburg und in Sulzburg bei Baden beobachtet.

Hymenoptera (siehe Bericht von H. SACHTLEBEN).

Pachyceras xylophagorum Ratz.

Pteromalus capitatus Först.

Ecphylus hylesini Ratz.

Obisium dunicola Koch (*Chelonethi*) wurde in Schorndorf auch bei *spinidens* beobachtet.

Die Kleinstfauna in den Gängen war ebenso zahlreich wie bei *curvidens*. Die Psociden hatten meist anteilmäßig die größte Individuenzahl.

Bei *vorontzowi* konnten beobachtet werden:

Coleoptera.

Phloeopora corticalis Grav. (*Staphylinidae*). Die Art kam zusammen mit *pusillus*, aber seltener wie diese, in den Gängen vor.

Homalota plana Gyll. verhielt sich wie die vorhergehende Art.

Placusa atrata Sahlb. trat in Sulzburg vereinzelt auch bei *vorontzowi* auf.

Phloeonomus pusillus Grav. verhielt sich wie bei *spinidens* und *curvidens* beschrieben.

* *Plegaderus vulneratus* Panz. (*Histeridas*) wurde in Sulzburg in den Brutbildern von *vorontzowi* beobachtet. In der Literatur (z. B. REITTER [28]) wird sie als typischer Räuber der *Crypturgus*-Brut bezeichnet. Da aber in den Fraßbildern zum Teil keine *Crypturgus*-Arten beobachtet werden konnten, halte ich es für wahrscheinlich, daß sie auch die Larven von *vorontzowi* angreift.

Rhizophagus depressus F. (*Rhizophagidae*) war so häufig wie bei den beiden anderen Arten zu finden.

Clerus formicarius L. (*Cleridas*). Auch hier nur vereinzelt Junglarven in den Brutbildern. Altlarven und Käfer wurden nicht beobachtet.

* *Hypophloeus linearis* F. (*Tenebrionidae*). In Sulzburg vereinzelt bei *vorontzowi*.

Hymenoptera.

Pachyceras xylophagorum Ratz. (siehe Bericht von H. SACHTLEBEN).

Cheiridium museorum Leach (*Chelonethi*). In Sulzburg waren die Gänge oft mit zahlreichen Tieren besetzt, die dort offensichtlich den Psociden nachstellten.

Unter der Kleinstfauna waren wieder die Psociden am häufigsten. Nur in einigen besonders feuchten Brutbildern überwogen die Milben.

Die beiden Raumbenutzer *Crypturgus pusillus* Gyll. und *cinereus* Hrbst. (*Ipidae*) waren auch bei *spinidens* und *vorontzowi* zahlreich zu

finden. Besonders *pusillus* war oft massenhaft vorhanden. Beide Arten konnten auch an Lärche bei *spinidens*, und *pusillus* an Douglasie bei *vorontzowi* beobachtet werden.

Für *spinidens* und *vorontzowi* gilt das gleiche, das bei *curvidens* über die Bedeutung der Räuber und Parasiten gesagt wurde. Sie haben für die Entstehung oder Niederhaltung einer Massenvermehrung kaum eine Bedeutung.

E. Untersuchungen zur Massenvermehrung von *Pityokteines curvidens* Germ.

1. Fragestellung

Bei der Darstellung der Bionomie von *curvidens* sahen wir bereits verschiedene Punkte, die mit reiner Beobachtung allein nicht festzulegen waren. Sie konnten erst durch spezielle Versuche geklärt werden. Zahlreicher noch sind diese Fälle bei der Phänologie. Bei dem Versuch, die Ursachen der Gradation zu finden, wird der experimentelle Weg fast immer zur Notwendigkeit, da Gradationen stets komplexe Erscheinungen sind, deren Einzelursachen festzustellen, nur durch isolierte Bestimmung eines oder mehrerer Faktoren möglich ist. Die erste Frage muß daher lauten, welche Faktoren können am leichtesten sicher bestimmt werden und in welchem Umfang können wir ihre Veränderungen beobachten. Unter diesen Faktoren gilt die Suche dem, der für die Auslösung der Gradation die größte Bedeutung hat. Es braucht dies aber noch keineswegs der Wichtigste von allen zu sein.

Bei den Ipiden, die mehr oder weniger sekundär auftreten, wird der Anfall an brauchbarem Brutmaterial als das auslösende Moment einer Gradation angesehen. Diese Auffassung erwies sich bei jeder neu auftretenden Massenvermehrung als richtig. Meist war eine Sturmkatastrophe, besondere Trockenheit oder ähnliches vorausgegangen, dessen auslösende Wirkung nicht in Zweifel gezogen werden konnte. Beobachtet wurden aber leider immer nur Fälle, in denen nachträglich Kalamitäten auftraten, dagegen fanden andere Trockenheitsperioden oder sonstige klimatische Vorgänge, die keine Massenvermehrungen zur Folge hatten, auch keine besondere Beachtung. Irgendwo mußte aber eine Grenze für den notwendigen Grad der Schädigung des Brutbaumes, hier also z. B. der Tanne, vorhanden und damit auch auffindbar sein. Die Bestimmung dieser Grenze dürfte eine Prognose für eine eventuelle Gradation möglich machen.

Bei Kenntnis der jeweiligen im Minimalfall nötigen Schwächung ließe sich eine Reihe der Befallswahrscheinlichkeit für die einzelnen Borkenkäferarten in einer Biozönose aufstellen. Dabei würde die in ihrem Verhalten am weitesten primäre Art eine dem Zustand des gesunden Baumes nahestehende Disposition benötigen, die entgegengesetzte Art eine am meisten dem toten Baum angenäherte Disposition.

Das Problem der Ursachen einer Massenvermehrung bei Ipiden und damit auch der Prognose, liegt in der Klärung der Disposition des Brutbaumes für den Angriff der einzelnen Arten.

Bisher war der Zusammenhang zwischen Einwirkung des Klimas auf die Wirtspflanze und Entstehung einer für Borkenkäfer günstigen Brutdisposition noch nicht im einzelnen bekannt.

Doch selbst wenn dies gelingt, kann man über die wirkliche Gefährlichkeit einer Art als Schädling noch keine bindende Aussage machen. Die Festlegung an der einen oder anderen Stelle in der Befallsreihenfolge ermöglicht nur Rückschlüsse auf die Gefährlichkeit unter optimalen Bedingungen und bis zur Grenze ihrer überhaupt möglichen Schädlichkeit. Erst wenn die optimalen Bedingungen in einem weiten Gebiet, in dem die Futterpflanze vorkommt, verwirklicht sind, wird man mit einem Auftreten im Großen rechnen müssen, und kann bei Arten, die ihre Futterpflanze schwer schädigen, Kalamitäten erwarten, falls die Ausgangspopulation groß genug ist.

An den Unterschieden zwischen *curvidens*, *vorontzowi* und *spinidens* werden diese Gesichtspunkte deutlich werden.

Von erheblicher Bedeutung ist das Vermehrungspotential. Je größer dies ist, um so rascher wird es einer Art gelingen, zu einer Massenvermehrung zu gelangen, desto eher kann sie alle gebotenen Brutmöglichkeiten ausnützen und diese eventuell von sich aus erweitern.

Die Fragestellung zur Bestimmung der Voraussetzungen einer *curvidens*-Massenvermehrung lautet also in unserem Fall:

1. Welche Veränderungen an der Tanne müssen vorausgegangen sein, um einen Befall durch *curvidens* zu ermöglichen.
2. Was ist die „kritische Schwächung“ des Baumes oder eines seiner Teile, bei der die Käfer erstmalig angreifen.
3. Welche Ursachen führen die kritische Schwächung eines Baumes, oder seiner Teile, herbei.
4. Wieweit kann der Käfer selber einen Baum bruttauglich machen, beziehungsweise wieviel vom Stamm muß für die Käfer bruttauglich sein, damit er sich im Baum behaupten kann.
5. Was ist die theoretisch maximale Grenze des Vermehrungskoeffizienten und bis zu welchem Prozentsatz kann er praktisch verwirklicht werden.
6. In welcher Zeit gelingt es dem Käfer, seine Population um den größtmöglichen Wert zu erhöhen und welches ist die kürzeste Zeit, in der eine Erhöhung bis zur, für den Ausbruch einer Kalamität nötigen, Grenze möglich ist.

Hat man diese Fragen beantwortet, so bleibt die für den Beobachter im Freien nächstliegende Frage noch offen: Wie findet der Käfer die für ihn bruttauglichen Stellen und Stämme. Es soll zum Schluß versucht werden, auf theoretischem Wege diesem Problem näherzukommen. Eine endgültige Beantwortung müßte mit Hilfe von sinnesphysiologischen Untersuchungen möglich sein.

2. Die Massenvermehrung in ihrer Abhängigkeit von physiologischen Veränderungen an der Wirtspflanze

a) Zur Methode und Versuchstechnik

Untersuchungen über die Disposition der Tanne waren bisher noch nicht durchgeführt worden. Die einzigen systematischen Versuche, zumindestens in Europa, um die Disposition des Brutbaumes für Borkenkäferangriffe experimentell zu ermitteln, wurden durch v. TUBEUF (37) an Fichte vorgenommen. Über den Wert dieser Versuche habe ich mich oben schon geäußert. Sie waren in der Methodik jedenfalls nicht gut. Das Verdienst v. TUBEUFs bleibt es, erstmalig die Zusammenhänge zwischen Disposition und Schädlingsbefall erkannt zu haben. Ebenso vermutete er bereits, daß nicht der Gesamtzustand der Pflanze, sondern der Zustand bestimmter Teile, für Borkenkäfer ist es die Rinde, ausschlaggebend sei.

Ausgegangen war v. TUBEUF davon, daß der osmotische Wert des Zellsaftes ursächlich mit dem Gesundheitszustand des betreffenden Gewebes im Zusammenhang steht. Alle Schwankungen im Gesundheitszustand der Pflanze müssen einen Niederschlag in der Veränderung der osmotischen Werte finden. Da aber eine bestimmte Schwächung des Baumes die Voraussetzung sein sollte, müßte eine meßbare Relation zwischen Käferangriff und osmotischem Wert der Rindenzellen zu finden sein.

Bevor mir die Arbeit von v. TUBEUF bekannt wurde, war ich auf einem anderen Weg, oder Umweg, zu den gleichen theoretischen Voraussetzungen gekommen. Ich hatte zunächst versucht, eine Abhängigkeit zwischen Gesundheitszustand der Pflanze und Harzbildungsfähigkeit zu finden und zu messen, da Harzbildung allgemein als die „Möglichkeit des Baumes sich der Käfer zu erwehren“ hingestellt wurde. Traf dies zu, müßte die Fähigkeit des Baumes zur Harzbildung bis an eine bestimmte Grenze hin nachlassen, unterhalb derer die Käfer dann erfolgreich angriffen. Nähere Versuche ergaben jedoch, daß die Harzproduktion unmöglich vergleichbar gemessen werden kann, wenn man ihre Messung als Reitenuntersuchung durchführen will. Einzelmessungen brachten dann das Ergebnis, daß die Vorstellung von der Gegenwehr des Baumes unwahrscheinlich ist.

Extrahiert man den Harzgehalt eines Rindenstückes von einem gesunden Baum, so ist kein merklicher Unterschied gegen den Harzgehalt eines Rindenstückes von einem gerade befallenen Stamm zu finden. Die primäre Harzmenge, die den primären ¹⁾ Harzfluß zur Folge haben kann,

¹⁾ Unter primärem Harzfluß bei Koniferen versteht man das sofort nach einer Verletzung ausfließende Harz, das den Harzkanälen in Holz und Rinde (bei Tanne nur in der Rinde) entstammt. Diesem folgt der sekundäre Harzfluß, der durch die Bildung von Wundkork ermöglicht wird. Dieses Gewebe scheidet dann, zusammen mit besonderen in der Umgebung der Verletzung entstehenden Harzkanälen größere Quantitäten Harz ab, bis eine Vernarbung eintritt. Der sekundäre Harzfluß setzt nach FABER (10) und eigenen Versuchen, bei Tanne etwa 14 bis 16 Tage nach der Verletzung ein. Bei Tanne ist auch dieser nicht besonders stark.

ist bei beiden etwa gleich groß. Es hängt nur vom Gesundheitszustand der Rinde ab, ob Harz fließt oder nicht. Der Käfer greift folglich gar nicht an, wenn der Baum sich „wehren“ könnte. Dies dürfte allgemein, auch für *typographus* z. B. gelten, an dem die meisten Beobachtungen anderer gemacht wurden. Daß man manchmal Käfer im austretenden Harz erstickt findet, oder kleine Harztrichter an Fichte auf einen sogenannten „abgeschlagenen“ Angriff von *typographus* hinweisen, ist kein gültiger Gegenbeweis für die aufgestellte Behauptung. Dies ist entweder, im ersten Fall, die Folge von geringen Verirrungen beim Anflug der Käfer auf die bruttauglichen Stellen am Stamm, oder, im letzteren Fall, als Folge von Übervermehrung im Nahrungsmangel begründet. Dabei werden die relativ günstigen Stämme angenommen, auch wenn sie eigentlich noch nicht bruttauglich sind. Hier entscheidet dann bei *typographus* (der ziemlich primär zu sein scheint, im Vergleich mit *curvidens*) tatsächlich die Masse der angreifenden Käfer, wenn die Disposition des Stammes schon nahe an der Bruttauglichkeit liegt. Bei völlig gesunden Bäumen dürfte dies auch unmöglich sein.

Da für ein derartiges „Primärwerden“ eine Kombination von Extremen nötig wäre, kann dieser Weg jedoch nicht als der normale Befall angesehen werden.

Die Erkenntnis, daß das Harz nicht der entscheidende Faktor ist, konnte an Fichte nur schwer gewonnen werden, da diese Harz in so reichlicher Menge führt, daß jeder Beobachter immer wieder verleitet wird, direkte Zusammenhänge zu suchen. Ganz anders bei der harzarmen Tanne und dem in seinem Auftreten mehr sekundären *curvidens*. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein an Tanne einbohrender Borkenkäfer durch Harz wieder vertrieben wird, ist gering. Primärer Harzfluß ist im Holz überhaupt nicht, in der Rinde nur im verschwindenden Maße möglich. Bis der sekundäre Harzfluß einsetzen kann, ist das Bruthild schon 3 bis 4 cm groß. Es müßten also, wenn die Käfer wahllos dort angreifen, wo kein Harz entgegenquillt, an brutuntauglichen Bäumen, verharzte Bruthilder in der genannten Größe massenhaft zu finden sein. Ja, an Tanne wäre es das normale Bild, da aus Beobachtungen bereits bekannt ist, daß Kalamitäten von *curvidens* nur nach stärkerer Schwächung der Wälder möglich sind. Da man aber derartig verharzte Bruthilder nur in den seltensten Fällen und unter besonderen Voraussetzungen vereinzelt finden kann, ist es ausgeschlossen, daß der Harzfluß eine direkte Bedeutung für Befall oder Nichtbefall hat. Dagegen wäre eine konvergente Abhängigkeit von dem gleichen für den Befall entscheidenden Faktor möglich und wird von mir auch als wahrscheinlich angesehen¹⁾.

¹⁾ Nach Fertigstellung des Manuskriptes erhielt ich Kenntnis von: SCHWERTFEGGER, F., Die Ursachen von Borkenkäferepidemien in Fichtenwäldern. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft Bd. XII, Heft 4—6, 1948. — Die Auffassung SCHWERTFEGGERS, daß mit „an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ die Harzungsfähigkeit als Schutz gegen Borkenkäfer angesehen werden kann, wird von ihm selber widerlegt, da er gleichzeitig Lockwirkung bruttauglicher Bäume

Scheidet die Wirkung von Harz aus, so bleiben nur Veränderungen im Zustand der Rindenzellen übrig. Es erschien von vornherein aussichtslos, hier einen Faktor herauszufinden, der mit seiner Abänderung die Ursache für die Bruttauglichkeit des Baumes werden kann. So wurde der Versuch gar nicht erst unternommen, sondern gleich, unter Verzicht auf die Möglichkeit sofort die direkte Ursache zu finden, ein Faktor gesucht, dessen Veränderungen gut meßbar sind und dessen Vorhandensein in allen Bereichen des Gesundheitszustandes der Pflanze, vom optimalen Zustand bis zu den tödlichen Grenzen, gesichert erschien.

Unter diesem Gesichtspunkt kam nur der osmotische Wert des Zellsaftes in Frage. Der Turgordruck erreicht bei der Grenzplasmolyse seinen kleinsten Wert, nämlich $=0$, und fiel damit aus, da Grenzplasmolyse nicht irreversibel ist und keine tödliche Schwächung darzustellen braucht. Somit war aber der unbedingt nötige Bereich nicht in allen Teilen meßbar zu bestimmen. Die Saugkraft der Zelle fiel, nach genauer Betrachtung, ebenfalls aus, da sie nicht direkt meßbar ist, beziehungsweise die bekannten Methoden nicht eine genaue Durchführung der Messung ermöglichen.

Die Entscheidung, ob es sinnvoll ist, die Bestimmung des osmotischen Wertes zur Messung der Disposition heranzuziehen, hing von den Veränderungen in der Pflanze ab, deren Relation der osmotische Wert ist.

Dieser kann zur Festlegung der Veränderungen in der Hydratur der Pflanze verwendet werden. Da die Hydratur ¹⁾ aber von entscheidendem Einfluß auf alle Lebensvorgänge in der Pflanze ist, erscheint der osmotische Wert als die, für unsere Untersuchungen, geeignetste Veränderliche in der Pflanze überhaupt. Damit war ich bei der Voraussetzung angelangt, von der v. TUBEUF ausging.

War der grundsätzliche Weg einmal gefunden, so war der spezielle Weg nicht schwer. Das Ziel mußte sein, mit größtmöglicher Genauigkeit den osmotischen Wert der Rindenzellen im Augenblick des Einbohrens der Käfer zu ermitteln.

Nach einigen Vorversuchen wurde folgende Versuchsanordnung gewählt: Käfer, die aus frisch befallenen Stämmen herausgeschnitten waren, werden unter möglichst natürlichen Bedingungen am Stamm eingezwingert und ihnen so die Möglichkeit zum Einbohren gegeben. Nach einer bestimmten Zeit wird das Ergebnis, befallen oder mißglückt, festgestellt und Rindenproben zur Untersuchung auf den osmotischen Wert abgenommen. Bei genügender Anzahl von derartigen Versuchen, mög-

wahrscheinlich annimmt: „Bäume, deren Harzungsfähigkeit herabgesetzt ist und die daher bruttauglich sein sollen, locken durch irgendeinen chemischen Reiz die Käfer an. Bäume, von denen dieser Reiz nicht ausgeht, werden nach SCHWERTFEGER nicht angeflogen.“ Dieses sind aber gerade die Bäume, die sich wehren könnten, da sie reichlich Harzfluß zeigen. Wie kann also Harzfluß ein Schutz sein, wenn normalerweise überhaupt nur Bäume mit vermindertem Harzfluß angeflogen werden? —

¹⁾ Bezüglich Einzelheiten über die Hydratur sei auf WALTER (37) verwiesen.

lichst noch im Vergleich mit natürlichem Anflug, mußte es gelingen den Grenzwert zu finden, bei dem die Käfer angreifen.

Die Durchführung dieser Methode stieß auf einige Schwierigkeiten, die zur Erlangung der wünschenswerten Genauigkeit überwunden werden mußten. Die Hauptschwierigkeit schien die Schaffung natürlicher Bedingungen bei der Einzwingerung zu sein, während sich eventuelle Fehlerquellen bei der Bestimmung des osmotischen Wertes durch sorgfältiges Arbeiten weitgehend einschränken ließen.

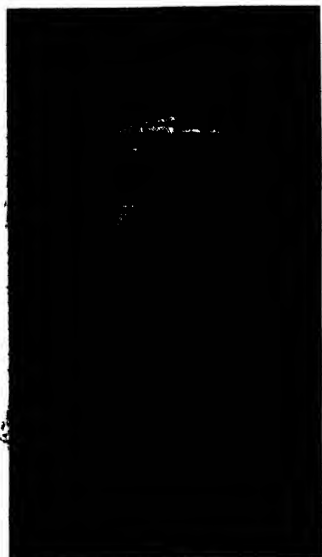


Abb. 18. Drahtgasekäfig mit Käfern besetzt und durch Gipsrand verschlossen an Tanne. (Infektionsversuche im Forstamt Waldmünchen)

Die Einzwingerung am Baum wurde in Drahtkäfigen, von der ungefähren Größe 3 zu 4 cm zu 1 cm vorgenommen. Diese konnten mit einem kurzen Stift an den Ecken auf der Rinde befestigt werden. Damit ein Entweichen der Käfer unter den Rändern des Käfigs nicht möglich war, wurden die Ränder breit überstehen gelassen und mit einer Gipschicht abgedichtet. Die Käfer kamen so mit dem Gips nicht in Berührung, wenn sie sich unter dem breiten Rand durchzwängen wollten. Bis er dazu kam, war der Gips aber völlig erhärtet und neutral, konnte also keinen störenden Einfluß auf die Versuchstiere mehr haben (Abb. 18). Die Anbringung der Käfige erfolgte so, daß direkte Besonnung vermieden wurde.

Die Käfer wurden, wie schon erwähnt, auf frischem Befall ausgeschnitten, einen Tag mit wenig Nahrung im Freien aufbewahrt und dann in die Käfige gesetzt. Es erwies sich als zweckmäßig, diese vorher einzugipsen, bis auf eine schmale Stelle, durch die eine Glasröhre eingeführt werden konnte. Die Käfer konnten dann mit Hilfe der Glasröhre abgezählt in die Käfige verbracht werden. So war das Verschließen auch leicht möglich, ohne daß Käfer eingezwängt oder beschädigt wurden.

Bei den meisten Versuchen wurden je zwanzig Versuchstiere in einen Käfig gesetzt, doch spielt diese Zahl keine besondere Rolle. Insbesondere ist sie deswegen bedeutungslos, weil alle Käfer bei bruttauglichen Bäumen erfolgreich angreifen, bei brutuntauglichen Bäumen jedoch keiner, quantitative Auswertung brauchte daher nicht zu geschehen. Treten dennoch Abweichungen von dieser Regel auf, so sind sie im Gesundheitszustand der Käfer begründet, da man diese beim Ausschneiden aus befallenen Stämmen, ohne daß man es merkt, leicht verletzt. Deswegen wurde schon stets ein Tag bis zu Ansetzen des Versuches gewartet, eine Maßnahme, die bei erstmaliger Anwendung sofort eine wesentliche Verbesserung des quantitativen Ergebnisses brachte. Zu den Versuchen wurden dabei nur Käfer ausgewählt, die lebhaft umherliefen.

Die Technik der Bestimmung osmotischer Werte bei Pflanzen ist von WALTER (40, 41) zusammen mit R. THREM (44) und O. WEISSMANN (45) ausgearbeitet und beschrieben worden. Auch über den Grad der Verwendbarkeit einzelner Geräte sind dort Angaben gemacht. Mit diesen Ausführungen ließen sich leicht die für die speziellen Zwecke der

Rindenuntersuchung geeigneten Geräte finden. Da man Rinde gut in gewünschte Formen schneiden kann, war zum Teil eine weitere Vereinfachung der Technik möglich. Das WALTERSche Verfahren beruht auf der Bestimmung der osmotischen Werte durch die „kryoskopische Methode“. Die Anwendung der Grenzplasmolyse wurde von mir, nach den schlechten Erfahrungen von v. TUBEUF und anderen, gar nicht erst versucht.

Im einzelnen ergab sich folgender Weg. Aus dem Stamm wird ein Stück Rinde bis auf den Splint herausgeschnitten und die toten, trocknen Teile entfernt, da diese für uns keine Bedeutung haben und nur das Auspressen des Zellsaftes erschweren. Über die Bedeutung der Siebröhrenschicht für die Untersuchungen werden im nächsten Abschnitt noch nähere Angaben gemacht. Diese wurde bei den Untersuchungen, je nachdem, entfernt oder am Stück belassen. In den Tabellen sind die Werte mit und ohne Siebröhrenschicht gesondert aufgeführt. Die Rinde wird nach der Entnahme in kleinere Stücke oder Streifen geschnitten und sofort in ein dichtschließendes Gefäß verbracht.

Von WALTER werden hierfür Gefäße als besonders geeignet bezeichnet, die aus einem mit Korkstopfen verschlossenen Glas bestehen, das in einer verschraubbaren Aluminiumdose untergebracht ist. Da derartige Gefäße nicht in größerem Umfang beschaffbar waren, wurde ein solches hergestellt und durch Vergleich mit diesem nach einem ähnlich dichtschließenden, einfacheren Modell gesucht. Dabei erwies sich die in Abb. 17 dargestellte Form als voll geeignet. Ein Glas, 12 cm hoch und 4,5 cm Durchmesser, wird mit einem tief eindrückbaren Korken versehen. Dieser wird durch Eintauchen in kochendes Paraffin luft- und feuchtigkeitsdicht gemacht. Um einen Druckausgleich beim Kochen zu ermöglichen, wird in den Korken eine kapillar ausgezogene kurze Glasröhre gesetzt, die noch mit Zellstoff zusätzlich verstopft ist, so daß ein Feuchtigkeitsverlust, der zur Fehlerquelle werden könnte, auch hier ausgeschlossen ist. Biegt man die Glasröhre kurz unter dem Korken um, so tritt kaum eine Verminderung im Fassungsvermögen ein.

Zum Auspressen des Zellsaftes wurde eine kleine Handpresse verwandt in der Form, wie sie auch von WALTER beschrieben wird. Der erzielte Druck von etwa 40 Atm. reichte in allen Fällen vollkommen aus, um genügende Mengen Preßsaft zu gewinnen.

Wichtig war langes Kochen der Rindenproben in den verschiedenen Gläsern. Im allgemeinen reichte eine halbe Stunde gut aus, doch konnte das Auspressen bei sehr harzhaltigen Proben, z. B. Ästen, erleichtert werden, wenn bis zu einer Stunde gekocht wurde.

In der Feldstation schloß ich die Proben stets nur in Ampullen ein. Die Bestimmung des osmotischen Wertes erfolgte dann später in Institut.

Bei sauberen Arbeiten konnte auf diese Weise der osmotische Wert auf $\frac{1}{10}$ Atmosphären genau bestimmt werden. Geringfügige Abweichungen traten erst bei den Hundertsteln auf. Das ist bei einem normalen Wert am Fuße einer Tanne von etwa 9—10 Atm. eine Genauigkeit von 1 %. Bei den höheren Werten der Krone, z. B. 28 Atm. in den Nadeln, eine noch bessere.

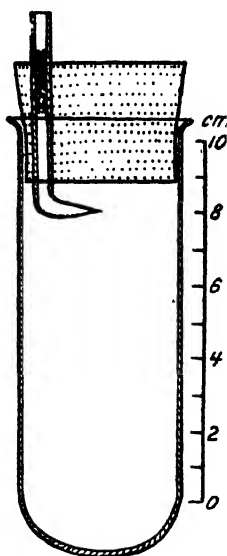


Abb. 17. Sammelglas für Rindenproben mit Kapillarröhre

Vergleicht man diese Genauigkeit mit den Ergebnissen von v. TUBEUF, der Abweichungen bis zu 300 % (!) feststellte, die in der Technik der Grenzplasmolysebestimmung zu suchen waren, so steht der Vorteil der kryoskopischen Methode ganz außer Zweifel.

Die Umrechnung der gefundenen Gefrierpunktserniedrigungen in die osmotischen Werte, erfolgte nach der Formel:

$$\text{Osmotischer Wert } W = 12,06 \Delta$$

Dabei können die Stellen hinter dem Komma bei der Konstante von Delta vernachlässigt werden, da die biologische Streuung sicher größer als 0,5 % ist.

b) Zur Physiologie und Ökologie der Tanne

Bevor auf die eigentlichen Infektionsversuche eingegangen wird, soll eine kurze Zusammenfassung der physiologischen und ökologischen Voraussetzungen bei der Tanne gegeben werden, da ohne diese ein Verständnis der erzielten Ergebnisse schwieriger ist. Die Darstellung erfolgt auf Grund von Angaben in der Literatur und eigenen Untersuchungen an gesunden Bäumen, die parallel zu den Infektionsversuchen ausgeführt wurden. Bezüglich des Begriffes der Hydratur und den Angaben über die möglichen Veränderungen folge ich WALTER (40).

Die osmotischen Werte des Zellgewebes sind nicht konstant, sondern zeigen Schwankungen, die von der Jahreszeit, der Besonnung und vor allem von den Wasserverhältnissen am Standort abhängen. Innerhalb dieser Schwankungen gibt es für die Hydratur jeder Pflanze Kardinalwerte, die als artspezifisch angesehen werden müssen. Für den Waldbau sind von diesem der maximale Wert $= W_{\max.}$ und der minimale Wert $= W_{\min.}$ von ausschlaggebender Bedeutung. $W_{\min.}$ wäre dem Verhungern gleichzusetzen, es kann an sehr schattigen Stellen für eine Pflanze in Frage kommen, oder in der Rinde z. B. unter einer Ringelung auftreten. $W_{\max.}$ ist die obere Grenze der ohne Folgen ertragbaren Austrocknung.

Nur wenn diese Werte am Standort nicht über oder unterschritten werden, ist die Existenz eines Baumes überhaupt möglich. Je näher die von der Pflanze am Standort erreichten osmotischen Werte am Optimalwert $W_{\text{opt.}}$ liegen, um so günstiger ist der Standort. Wäre nun die Pflanze, hier also die Tanne, nur den klimatischen Einflüssen des Standortes ausgesetzt und würden diese nicht auch durch die Pflanze selber zu einem gewissen Grad verändert, so könnte sie sich an allen Stellen, die ihr die klimatischen Voraussetzungen bieten, um die osmotischen Grenzwerte einzuhalten, entwickeln. Da aber noch eine Anzahl anderer Einflüsse von Bedeutung sind, ist die Grenze der möglichen Verbreitung enger zu ziehen. Daß diese Grenzen überschritten und die gewonnenen Positionen auch auf längere Zeit gehalten werden können, haben die vielfach gelungenen Kultivierungsmaßnahmen des Menschen gezeigt. Doch gehört dazu stets die Pflege, der ein Erfolg zuzuschreiben ist. Gleichzeitig

stellen diese Pflegemaßnahmen aber schwerwiegende Eingriffe in die natürlichen Verhältnisse dar, die oft unerwartete Folgen nach sich ziehen. So hat SCHIMITSCHEK (31) an den Verhältnissen des Wiener Waldes für die Tanne gezeigt, wie Kulturmaßnahmen zur Vernichtung jeder natürlichen Entwicklungsmöglichkeit führen. In dieser „Erkrankungskette“ führt SCHIMITSCHEK eine Reihe von Insekten als Glieder auf, denen entweder, soweit sie primäre Schädlinge sind, durch erhöhtes und erleichtertes Nahrungsangebot die Möglichkeit der Massenvermehrung gegeben wird, oder bei sekundären Arten die Ausbreitung durch Schwächung der Tanne erleichtert wird. So können sie ebenfalls zur weiteren Vernichtung der Bestände beitragen.

Es müssen also zwei Bereiche im Verbreitungsgebiet einer Pflanzenart unterschieden werden, jener der auf Grund klimatischer Bedingungen die Einhaltung der osmotischen Maxima und Minima zuläßt, somit als eventuell noch bewohnbar anzusehen wäre, und demjenigen Bereich, innerhalb dessen unter Berücksichtigung aller natürlichen Verhältnisse der Umwelt die Pflanze leben kann. Dies deckt sich theoretisch mit dem natürlichen Verbreitungsgebiet. Schon innerhalb bestimmter natürlicher Waldformen können unter extremen Bedingungen Gradationen von Insekten auftreten. Um so mehr ist dies der Fall, je tiefer die Eingriffe in das natürliche Gleichgewicht gehen.

Für sekundäre Schädlinge müssen Störungen des Gesundheitszustandes der Pflanze unmittelbar gradationsfördernde Wirkung haben.

In Gebieten, die Kultivierungsmaßnahmen unterworfen waren, traten wiederholt schwere Kalamitäten von *curvidens* auf, im Verlaufe derer ganze Bestände der Vernichtung anheimfielen. An Stellen, wo die Tanne wenig oder gar nicht derartigen Eingriffen ausgesetzt war, traten Bestandsvernichtungen nicht annähernd in demselben Umfang ein. Da die Einwirkungen des Großklimas aber beide Stellen in etwa gleicher Weise betrafen, waren im ersteren Fall die Tannen mehr für den Angriff der Käfer disponiert. Jene veränderten Standortbedingungen, die die Schwankungen in den physiologischen Abläufen bei der Wirtspflanze verstärken, müssen als wesentliche Ursache der Kalamitäten angesehen werden. Daß diese erhöhten Schwankungen an sich noch keine tödliche Schwächung für die Tanne darstellen müssen, wurde schon erwähnt. Wohl aber können sie in den Bereich, in dem die Stämme für *curvidens* bruttauglich werden, hineinragen.

Wie wird diese Bruttauglichkeit erreicht? Dazu müssen wir die Verhältnisse am gesunden Baum kennen. Sie seien am Beispiel einer Tanne gezeigt, die Ende Juli 1948 im Revier Plüderhausen Nord gefällt wurde. An ihr erfolgte die Bestimmung der osmotischen Werte in Abständen von Meter zu Meter. Zur allgemeinen Orientierung wurde außerdem noch die Bestimmung einzelner Nadelwerte vorgenommen. Das Ergebnis ist in Abb. 20 (S. 396) schematisch dargestellt. Sie zeigt ein stetiges Ansteigen der osmotischen Werte mit zunehmender Höhe, sowie erheblich höherliegende Werte bei den Nadeln. Sonnen- und Schattennadeln

unterscheiden sich ebenfalls. Der Siebröhrensaft ist stets etwas konzentrierter als der Zellsaft der zugehörigen Rindenzellen. Dies ist während der Zeit der Vegetationsperiode typisch. Die Erscheinung stellt eine Fehlerquelle dar, die möglichst ausgeschaltet werden soll. Durch Entfernen der gut sichtbaren Siebröhrensicht ist sie leicht zu vermeiden. Doch auch da, wo sie nicht ausgeschaltet werden konnte, machte der Fehler nie mehr als $\pm 8\%$ aus.

Die in der Abbildung dargestellten Werte sind eine der vielen Möglichkeiten, die innerhalb von $W_{\max.}$ und $W_{\min.}$ liegen. Diese Grenzwerte für die Tanne zu bestimmen, ist durch eine große Reihe von Messungen sicher möglich. Hier interessieren uns nur die normalen Verhältnisse, als die das angeführte Beispiel betrachtet werden kann.

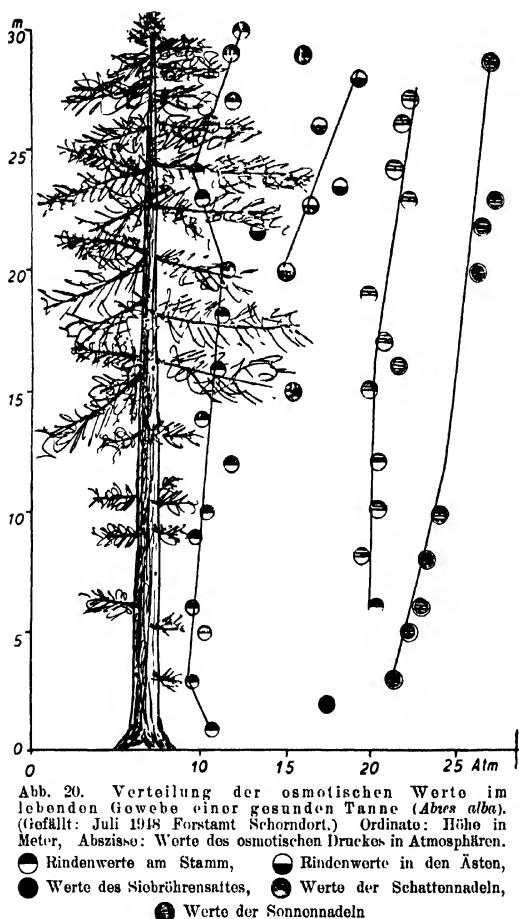


Abb. 20. Verteilung der osmotischen Werte im lebenden Gewebe einer gesunden Tanne (*Abies alba*). (Gefüllt: Juli 1948 Forstamt Schorndorf.) Ordinate: Höhe in Meter, Abszisse: Werte des osmotischen Druckes in Atmosphären.
 ○ Rindenwerte am Stamm, ◐ Rindenwerte in den Ästen,
 ● Werte des Siebröhrensafte, ◐ Werte der Schattennadeln,
 ◐ Werte der Sonnennadeln

Tritt eine Behinderung im steigenden Saftstrom ein, so steigen normalerweise die Werte in den Blättern stark an. Auf diese Erscheinung ist die Methode, die osmotischen Werte der Pflanzen als Indikatoren für die Wasserverhältnisse am Standort zu verwenden, begründet. Davon gibt es jedoch Ausnahmen¹⁾; „z. B. bei Wolfsmilch (*Euphorbia*) und wohl auch bei Haselwurz (*Asarum*). Hier beginnt der osmotische Wert bei Wassermangel zu sinken. Das ist folgendermaßen zu erklären: Bei Wassermangel schließen diese Arten sofort die Spalten, die Assimilation hört auf, die Atmung geht aber weiter und die Blätter vergilben, wobei der osmotische Wert sinkt. Wenn der Wasserverlust trotz Spaltenschluß ein erheb-

¹⁾ Zitiert nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Prof Dr. H. WALTER, Stuttgart.

licher ist, so kann das Sinken durch Vergilben kompensiert werden und die osmotischen Werte ändern sich wenig oder steigen zum Schluß etwas an“.

Die Untersuchungen an trocknenden Tannen ergaben nun ähnliche Bilder, so daß die Vermutung naheliegt, daß die Tanne zu dem geschilderten Typus gehört. Dazu kommt, „daß auf Grund der mangelnden Beziehungen zwischen den Jahreskurven der osmotischen Werte bei Nadelhölzern und den Witterungsverhältnissen des Sommers, sowie den Standortverhältnissen, eine derartige Vermutung möglich ist. Unter dieser Voraussetzung also wurde Trockenheit bei der Tanne vielleicht eine Erschöpfung des Baumes an Assimilaten bedeuten, was die rasche Abnahme der Rindenwerte verständlich machte“.

Diese Abnahme der Rindenwerte ist eine typische Erscheinung der Trockenheit bei der Tanne. Zuruckzufuhren ist sie auf den weitergehenden Stoffwechsel in der Rinde bei mangelndem Nachschub an Assimilation. Dies kann bei getrennter Untersuchung von Zellsaft und Siebröhrensaft leicht nachgewiesen werden. Letzterer hat im Falle von Trockenheit stets gleichen oder sogar niedrigeren Wert als die Rindenzellen in gleicher Lage. Es stand also zu erwarten, daß der Grenzwert der Bruttauglichkeit für *curvidens* unter dem normalen osmotischen Wert liegt.

Auf Grund dieser Erkenntnis erschienen auch die Einwirkungen anderer Schädlinge auf die Nadeln und mehr noch auf die dünnen Äste in ganz neuer Bedeutung. Denn durch diese wird, ohne die Gesundheit des Baumes zunächst dauerhaft zu schädigen, ein Teil desselben für andere Schädlinge bruttauglich gemacht, die dann von sich aus den Baum vernichten. Eine genaue Untersuchung dieser Beziehungen erschien daher für die Klärung der Ursachen einer Massenvermehrung von *curvidens* unbedingt erforderlich. Deshalb wurden auch die Infektionsversuche auf die beiden kleineren Verwandten von *curvidens* mit ausgedehnt.

Die Tanne nimmt also, wie alle Pflanzen, innerhalb ihrer „klimatisch-ökologischen“ Valenz einen engeren Bereich ein, innerhalb dessen sie unter natürlichen Verhältnissen stets leben kann, er entspricht dem natürlichen Verbreitungsgebiet. Außerhalb dieses Bereiches muß sie künstlich erhalten werden. Die Ursachen dafür sind in der auftretenden erhöhten Schwankung des Gesundheitszustandes und der dadurch leichter gegebenen Möglichkeit eines Angriffs von sekundären Schädlingen zu suchen. Es kommt zu sogenannten „Kettenerkrankungen“, an deren Ende eine an sich nicht gefährlich erscheinende Art, die Vernichtung ganzer Bestände zustande bringen kann. An den physiologischen Veränderungen der Tanne unter den verschiedenen Bedingungen können die einzelnen Stufen des Kränkels dargestellt werden.

c) Infektionsversuche

Nach der oben angeführten Methode wurden im Laufe des Sommers 1948 im Gebiet des Forstamtes Schorndorf und des Forstamtes Waldmünchen, sowie an einer Stelle bei Berchtesgaden, Infektionsversuche mit *curvidens*, *spinidens* und *vorontzowi* durchgeführt und Proben von natürlichem Anflug eingesammelt.

Es zeigte sich, daß ein Zeitraum von 6—8 Tagen, in dem die Käfer am Stamm gelassen wurden, in jedem Fall ausreichte, um eine klare Trennung in „Angriff geglückt“ und „Angriff mißglückt“ vornehmen zu können. In Abb. 19 sind geglückte und mißglückte Angriffe dargestellt. a ist der Querschnitt durch die Rinde bei einem mißglückten Angriff von *curvidens*. Die Käfer haben sich in die tote Rinde eingebohrt, sowie

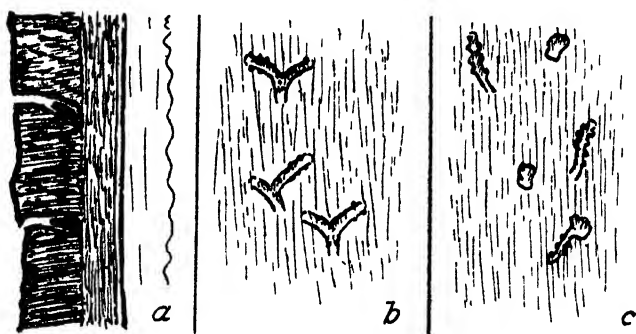


Abb. 19. Fraßbilder von Infektionsversuchen an Tanne. a Mißglückter Infektionsversuch mit *curvidens* im Querschnitt. Käfer haben nur die Korkschicht durchbohrt, lebende Rinde wird nicht angegriffen. b Aufsicht auf das Splintholz nach geglückter Infektion mit *curvidens*, angefangene Brutbilder. c Geglückte Infektion mit *vorontzowi*.

sie auf den lebenden Teil stießen, hörte das Vordringen auf. Die Käfer erweiterten höchstens noch seitlich die Gänge etwas zu kleinen Kammern, machten aber keinen Versuch tiefer einzudringen. b zeigt demgegenüber einen geglückten Angriff von *curvidens* nach 7 Tagen aus dem Revier Plüderhausen Nord (Tabelle 3, Nr. 8). Die angefangenen Brutarme sind nach Abheben der Rinde auf dem Splint deutlich zu erkennen. c zeigt einen geglückten Angriff von *vorontzowi* aus dem Forstamt Waldmünchen (Tabelle 6, Nr. 4). Beim Abheben der Rinde werden einzelne Muttergänge und die für *vorontzowi* so typischen, tief im Splint liegenden Rammelkammern sichtbar.

Insgesamt konnten fast 350 Werte bestimmt werden. Die gefundenen Zahlen sind in den Tabellen 1—8 zusammengestellt.

Infektionsversuche an Tanne:

Im Forstamt Schorndorf:

mit *curvidens* (Tabelle 3);

„ *spinidens* (Tabelle 4).

Im Forstort Waldmünchen:

mit *curvidens* (Tabelle 5);

„ *vorontzowi* (Tabelle 6).

Infektionsversuche an Fichte:

mit *curvidens* (Tabelle 7).

Osmotische Werte von Rinde nach natürlichen Angriffen

von *curvidens* (Tabelle 8);

„ *spinidens* (Tabelle 9);

„ *vorontzowi* (Tabelle 10).

Bei der Auswertung der Ergebnisse müssen verschiedene Vorgänge an der Tanne unter den wechselnden Bedingungen der Witterung beachtet werden. Vergleicht man nämlich die Werte von natürlichen Angriffen, die etwa 2—4 Wochen nach dem Beginn des Anflugs bestimmt worden sind, so fällt bei den ersteren ihre große Streuung auf, während die letzteren ziemlich gleichmäßig am oder unter dem Schwellenwert liegen. Dies ist so zu erklären, daß die Käfer zwar bei einem bestimmten Wert angreifen, es aber später noch bei einem erheblich höheren osmotischen Wert aushalten, besonders wenn dieser eine Folge von Austrocknung der Rinde durch Besonnung nach der Beschädigung durch die Käfer ist. Ebenso werden aber auch, bis zu einer gewissen Grenze, wieder steigende Werte als Folge einer besseren Wasserversorgung des Baumes ausgehalten. Dies ist mehrfach beobachtet worden (z. B. Tabelle 3, Nr. 20 c).

Einmal konnte auch ein geglückter Angriff gefunden werden, der kurze Zeit später am ganzen Baum durch Rückkehr des Saftes wieder vernichtet wurde (Tabelle 5, Nr. 8). Dieses Beispiel ist besonders interessant, da der Angriff am Ende einer längeren Trockenheit erfolgte und gleich in einer beachtlichen Dichte. Der durchschnittliche Abstand der Brutbilder war 10 cm, ihre durchschnittliche Größe 2 cm. Aus der Größe der Brutbilder konnte ihr Alter auf 10—12 Tage geschätzt werden. Als der Baum gefunden wurde, war alles bis auf einige wenige Käfer tot. Auch die winzigen Junglarven lebten nicht mehr. Der Baum wurde Anfang der zweiten Hälfte August gefunden. Mitte Juli bis Anfang August herrschte sehr heißes trockenes Wetter, danach folgten andauernde schwere Regenfälle. Durch Sturm war der Stamm etwas angeschoben und so von der Trockenheit besonders geschwächt worden. Bei den reichlichen Regenfällen hatte er sich wieder erholt, zum Verderben der Käfer, „die sich schon ihrer Beute sicher glaubten“.

Beim Fällen dieser Tanne ergaben sich dann weitere auffallende Verhältnisse. Der Baum zeigte unter den Wasserreisern am sonst noch glatten Stamm stets kleinere, also früher abgestorbene, Brutbilder. Am Kronenansatz unter jedem größeren Astquirl die gleiche Erscheinung. Hier war der Strom der wiederkehrenden Assimilate zuerst hingelangt, und so waren auch die Käfer am ersten diesem zum Opfer gefallen. Ein ähnliches, nicht so instruktives Beispiel ist Tabelle 3, Nr. 20 c. Bei diesem

Baum ist der osmotische Wert der Rindenzellen unter den noch grünen Klebästen (ursprünglich durch Trockenheit wipfeldünn gewordener Stamm, der nachträglich befallen wurde) ebenfalls etwas höher als in der übrigen Rinde. Doch reichte hier die Erhöhung nicht aus, um die Käfer zu vernichten.

Die Messungen an den Fangbäumen zeigten, daß auch bei diesen der osmotische Wert nicht von dem Schwellenwert abweichen darf, wenn der Baum fängig bleiben soll. Besonders auffallend ist dies bei nicht entasteten Bäumen. Hier ist die Assimilation noch kurze Zeit weiter gegangen, was zusammen mit der Austrocknung der Stämme in der Sonne ein Ansteigen der osmotischen Werte in der Rinde zur Folge hatte. Damit können diese auch nicht bruttauglich oder zumindest nicht fängig werden. Bei entasteten schattig liegenden Bäumen hört die Zufuhr an Assimilation mit der Entastung sofort auf, die Rinde lebt aber weiter und verbraucht dabei Kohlehydrate. Da Austrocknung durch Besonnung vermieden ist, müssen so die osmotischen Werte in der Rinde schnell fallen, der Baum wird rasch bruttauglich.

Die Infektionsversuche mit *curvidens* an stehenden Bäumen haben alle ganz eindeutige Werte, Überschneidungen treten in keinem Fall ein.

Anders bei *spinidens* und *vorontzowi*. Diese zeigen bei den Versuchen an gesunden, beziehungsweise noch grünen Ästen das gleiche eindeutige Bild. Sobald aber Versuche an sterbenden Ästen gemacht werden, gelingen alle Infektionen, ganz gleich, welche osmotische Werte in der Rinde zu finden sind. Zunächst verwirrte dies das klare Bild sehr. Nachdem aber die physiologischen Vorgänge beim Trocknen der Äste und das Verhalten von *spinidens* und *vorontzowi* näher untersucht waren, erschienen auch diese Ergebnisse zutreffend.

Beginnen die Äste auszutrocknen, so wird nach einiger Zeit ein Zustand erreicht, der irreversibel ist. Die dünne Rinde wird durch die starke Einstrahlung der Sonne schließlich zum Absterben gebracht. — Die Käfer aber, *spinidens* und *vorontzowi*, werden neu nur an einen Baum gelockt, wenn kränkelnde lebende Rinde vorhanden ist. Der erste Angriff, der mit dem Verfahren der entomologischen Analyse, vgl. KANGAS (15), bei beiden Arten gut festgelegt werden konnte, erfolgte immer an einer Stelle, wo keine direkte Sonneneinwirkung anzunehmen war. Von da breitete er sich dann nach den Astspitzen und den anderen Regionen der Krone aus. Da wahrscheinlich beide Arten in den Ästen mehrere Brutbilder ohne dazwischenliegenden Regenerationsfraß anlegen, von *spinidens* konnte es direkt beobachtet werden, läßt sich die eigenartige abweichende Erscheinung bei den Infektionsversuchen an trocknenden Ästen erklären: Die Käfer wurden für die Versuche aus frisch befallenen Ästen herausgeschnitten. Sie bohrten sich also nach der Einzwingerung in der gewohnten Weise sofort wieder ein, falls der Ast bruttauglich war. Dies trifft für sterbende Äste aber zu.

Die Instinktsreaktion für Käfer von *spinidens*, die schon Brutbilder angelegt hatten, aber noch nicht in der Produktion von Eiern, beziehungs-

weise Sperma, erschöpft sind, ist auf den Zustand: „außen auf der Rinde sitzen“, das Einbohren. Dabei ist eine besondere Anlockung nicht mehr nötig. — Die übrigen Stellen am Baum, vor allem sterbende Äste werden so besiedelt. Ich konnte an solchen niemals ganz junge Brutbilder finden, wenn nicht schon ältere am Baum vorhanden waren.

Daß *curvidens* unter ähnlichen Bedingungen am Fangbaum sich nicht einbohrte, führe ich darauf zurück, daß die wesentlich dickere Rinde des Stammes viel größere Mengen Zellsaft führt, der den Käfern zu konzentriert ist. — Außerdem gehört erneutes Einbohren auf sterbender Rinde nicht zu den üblichen Brutgewohnheiten von *curvidens*, es muß hier also eine Lücke in der Kette der Instinktsreaktionen vorhanden sein. Nur der Reiz bruttauglicher Rinde veranlaßt die Käfer sich wieder einzubohren.

Diese Ergebnisse und Folgerungen führen gradlinig zu der Frage: Was lockt den Käfer wirklich an? — Der osmotische Wert selber kann es nicht gut sein. Dies geht schon aus der Überlegung hervor, daß es kaum eine Möglichkeit geben dürfte, die Veränderungen des osmotischen Wertes direkt über größere Entfernungen wahrzunehmen. Daß die Käfer aber bruttaugliche Stämme auf größere Entfernungen anfliegen, steht fest. Ebenso werden nichtgeeignete Bäume normalerweise nicht angeflogen. Es muß also ein für die Sinnesorgane spürbarer Reiz von den bruttauglichen Bäumen, oder Stellen an den Bäumen, ausgehen. Ich neige dazu, eine chemische Reizwirkung anzunehmen. Es wäre vorstellbar, daß der Zellsaft irgendeine Verbindung, z. B. Lohgeruch usw., enthält, der sich bei sinkendem osmotischem Wert verflüchtigen kann. Oder umgekehrt, daß ein chemischer Reiz, der normalerweise von einem gesunden Baum ausgeht, wegfällt oder schwächer wird. Dieses verleitet dann den Käfer zum Angriff. Die letztere Möglichkeit wäre sogar chemophysikalisch noch leichter als Anlockung zum Angriff denkbar.

Die Versuche an Fichte zeigten, daß *curvidens* auch in Fällen, bei denen Bruttauglichkeit auf Grund der osmotischen Werte anzunehmen wäre, nicht einbohrte. Der Befall von Fichte erschien daher nicht sehr wahrscheinlich. Das in der Literatur (14) angeführte Vorkommen an Fichte von *curvidens* konnte auf Verwechslung beruhen. Aber außergewöhnliche Umstände (vielleicht Not?) brachten ihn dennoch dazu¹⁾.

Unter den angeführten Gesichtspunkten macht die Auswertung der Versuchsergebnisse und der natürlichen Angriffe, deren osmotische Werte bestimmt wurden, keine Schwierigkeiten. Sie zeigt einen scharfen Schwellenwert für die Bruttauglichkeit von Tannenrinde, der bei *curvidens* zwischen 7—8 Atm. liegt. Bei diesem oder einem geringeren osmotischen Wert werden die Bäume von den Käfern angegriffen. Dieselbe Grenze liegt bei *spinidens* und *vorontzowi* um 10 Atm., vielleicht noch etwas höher.

¹⁾ Siehe S. 359.

Da die normalen Werte im hauptsächlichsten Brutbereich von *curvidens* 10—12 Atm. betragen, im Hauptbrutbereich von *spinidens* und *vorontzowi* über 12 Atm. hinausgehen, kann damit die Auffassung, daß eine Schwächung des Baumes Vorbedingung eines erfolgreichen Angriffes der Käfer ist, als erwiesen gelten. Der jeweilige Schwellenwert für den Angriff der drei Arten ist zahlenmäßig festgelegt. Für diesen Schwellenwert schlage ich die Bezeichnung „kritische Schwächung“ des Brutbaumes vor.

Die Ergebnisse der stichprobenartig durchgeführten Untersuchungen an Fangbäumen berechtigen zu der Annahme, daß auf diesem Wege auch eine genaue Bestimmung der Fangigkeit von Fangbäumen möglich ist, die zu erreichen und längere Zeit zu erhalten, für die Bekämpfungstechnik der Borkenkäfer wesentliche Bedeutung hat.

Interessant ist ein Vergleich der vorliegenden Befunde mit den Ergebnissen SCHIMITSCHEKS (34) über die Zusammenhänge zwischen Käferangriff und Einstrahlungsintensität, die eine Veränderung der Kambialtemperaturen zur Folge hat. Die an *typographus* gemachten Versuche zeigten, daß stärkere Einstrahlung und damit verbundene erhöhte Kambialtemperaturen eine gewisse Voraussetzung der positiven Disposition des Baumes für Borkenkäferangriffe bilden. Seine Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen meiner Versuche insofern, als erhöhte Kambialtemperaturen Steigerung der Stoffwechselvorgänge in der Rinde zur Folge haben, mit denen ein erhöhter Verbrauch an Assimilaten verbunden ist, der wiederum ein Fallen der osmotischen Werte nach sich zieht. Dieses Fallen der osmotischen Werte in der Rinde ist aber nach den Ergebnissen meiner Untersuchungen als Vorbedingung eines jeden Käferangriffs anzusehen.

Damit konnte auf experimentellem Weg die gleiche Voraussetzung für Borkenkäferangriffe gefunden werden, die bei meinen Versuchen auf Grund theoretischer Erwägungen vorausgesetzt wurde und deren Berechtigung durch Auffindung der Schwellenwerte bestätigt ist.

d) „Kritische“ und „tödliche“ Schwächung

Ein osmotischer Wert, der unter W_{min} liegt, bedeutet für jede Pflanze eine tödliche Schädigung. Eine Schwächung, die ein derartiges Absinken der osmotischen Werte in irgendeinem lebenswichtigen Teil des Baumes zur Folge hat, muß als tödliche Schwächung bezeichnet werden. Wie systematische Messungen an Tannen zeigten, liegt W_{min} für Rinde bei etwa 3,5—5 Atm. Eine genauere Festlegung ist nicht möglich, da wohl keine feste Grenze besteht, sondern diese von den herrschenden Verhältnissen beeinflusst wird. Bei Ästen dürften die Werte höher liegen. Auf jeden Fall liegt die „tödliche Schwächung“ für alle Bereiche am Stamm wesentlich unterhalb der jeweiligen „kritischen Schwächung“ für die drei untersuchten Borkenkäferarten. Es ist daher einzusehen, daß die von *curvidens* und seinen Verwandten vernichteten

Bäume ohne den Käferbefall nicht hätten eingehen brauchen, da ihre Schwächung noch im Bereich der Erholungsmöglichkeit lag.

Aus den Ergebnissen geht aber auch hervor, daß die Käfer, wenn sie nur an einer Stelle des Baumes Fuß gefaßt haben, diesen von sich aus nach und nach vernichten können, sei es durch die Abriegelung des absteigenden Saftstromes, oder durch eine chemische Beeinflussung, die im Abschnitt über die Wirkung des Fraßes auf den Baum dargestellt wurde. Diese Feststellungen werfen auf die Gefährlichkeit der betreffenden Arten neues Licht.

Bei den Überlegungen zur Methode (siehe oben) wurde der Turgordruck als zur Messung ungeeignet angesehen, da er in manchen Zustandsformen der lebenden Zelle den Wert Null erreicht und somit für einen Teil des zu untersuchenden Bereiches nicht als meßbarer Wert in Frage kam. Die kritische Schwächung liegt nun aber bei einem osmotischen Wert, in dem die Zelle noch turgeszent sein kann. Ich halte es daher für möglich, daß die Käfer den Turgordruck empfinden, und nach dieser Wahrnehmung die scharfe Grenze der brutfähigen Teile des Baumes auffinden. Für die Ursachen der Anlockung dürfte er jedoch keine Bedeutung haben.

3. Der Vermehrungskoeffizient

a) Theoretischer Vermehrungskoeffizient und Vermehrungsfaktor¹⁾

Von den Fragen, deren Klärung Voraussetzung für ein Erkennen der Ursachen einer *curvidens*-Gradation ist, konnten durch die geschilderten Ergebnisse vier geklärt werden. Übrig bleiben die beiden letzten nach dem Vermehrungskoeffizienten und dem Entwicklungsprozentsatz in einer bestimmten Zeit.

Es konnte erwartet werden, daß der theoretische Vermehrungskoeffizient bei *curvidens* zumindestens eine Vermehrung um das Vielfache der Ausgangspopulation angibt, auch wenn, auf Grund der sehr stark entwickelten Brutpflege bei Ipiden, dieser Wert sicher nicht den von frei zur Entwicklung gelangenden Arten erreicht. Hier muß uns nur die Frage nach der Populationszunahme im Zeitraum weniger Wochen beschäftigen.

Da die auf Trockenheit empfindlich reagierende Tanne von dieser bekanntlich vor allem gegen Ende des Winters und im Spätsommer getroffen wird (in einer Zeit also in der, oder kurz nach der, *curvidens*

¹⁾ Der theoretische Vermehrungskoeffizient ist nach BREMER (7) zu verstehen als die Größe, die angibt, um wieviel sich die Population vermehren könnte, wenn keine Widerstände der Umwelt beständen. Diesem steht der jeweilige Vermehrungskoeffizient unter den wechselnden Bedingungen der Umwelt gegenüber. Der Begriff kann bei Berechnungen der Bevölkerungszunahme aus der Zahl der eingebohrten Altkäfer in Borkenkäferbäumen und den ausliegenden Jungkäfern nicht gewählt werden, da die eingebohrten Altkäfer nicht die gesamte Ausgangspopulation darstellen brauchen. Es wurde deshalb für diesen Fall der Ausdruck Vermehrungsfaktor gewählt.

schwärmt), kommt hier die Ausbreitung einer ausfliegenden Generation bei plötzlich eintretendem Überangebot von bruttauglichen Stämmen in Betracht.

Durch Auszählen einer großen Zahl von Fluglöchern im Splint aus-

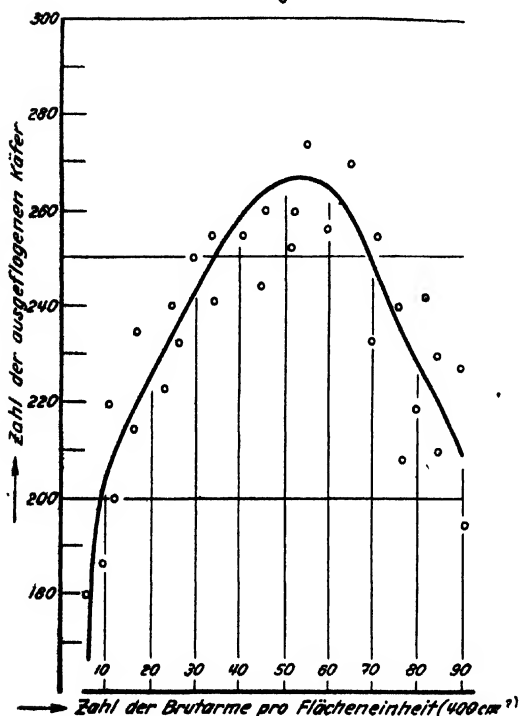


Abb. 21. Schwankende Zahl der ausgeflogenen Käfer bei steigender Befallsdichte. Ordinate: Zahl der ausgeflogenen Käfer. Abszisse: Zahl der Brutarme je Flächeneinheit ($20 \times 20 \text{ cm} + 400 \text{ cm}^2$). Die Kreise geben die jeweiligen Extremwerte der Abweichung vom Mittel an

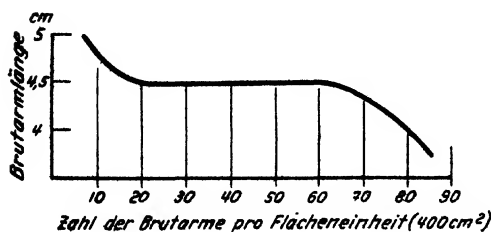


Abb. 22. Abnehmende Länge der Brutarme bei steigender Befallsdichte. Ordinate: Länge der Brutarme. Abszisse: Zahl der Brutarme je Flächeneinheit (400 cm^2)

geflogener Brutbilder (am Stamm, die Zahlen bezogen auf eine Flächeneinheit), konnte die wechselnde Anzahl der ausfliegenden Jungkäfer bei verschiedener Befallsdichte graphisch festgelegt werden (Abb. 21). Dasselbe gilt für die abnehmende Länge der Brutarme mit steigender Befallsdichte (Abb. 22). Die Zahl der Brutarme beträgt also $1 \sigma \ 2 \text{ } \varnothing = 3$ Individuen. Zählt man die einzelnen Brutarme, was leicht möglich ist, so kann man daraus die Zahl der eingebohrten Käfer berechnen. (Zahl der Brutarme mal 3 durch 4.)

Das Auszählen ausfliegender Jungkäfer ergab (bei 8, an verschiedenen Stellen vorgenommenen Untersuchungen von je 400 Käfern) stets den Sexualindex ¹⁾ 0,5. Damit ist anzunehmen, daß ein Überschuß an Männchen besteht. Es blieb ungeklärt, wo dieser Überschuß an männlichen Jungkäfern verbleibt.

Mit Hilfe der empirisch ermittelten Kurven läßt sich ein Abnehmen

¹⁾ Sexualindex ist die Zahl der Gesamtpopulation durch den Weibchenanteil. Er ist manchmal Schwankungen unterworfen.

des Vermehrungsfaktors je Fläche bei steigender Befallsdichte berechnen (Abb. 23 V). Der Vermehrungsfaktor ist dabei die Zahl der auskommenden Jungkäfer je Flächeneinheit, durch die Zahl der eingebohrten Altkäfer. Dies ist nicht der Vermehrungskoeffizient, da nur

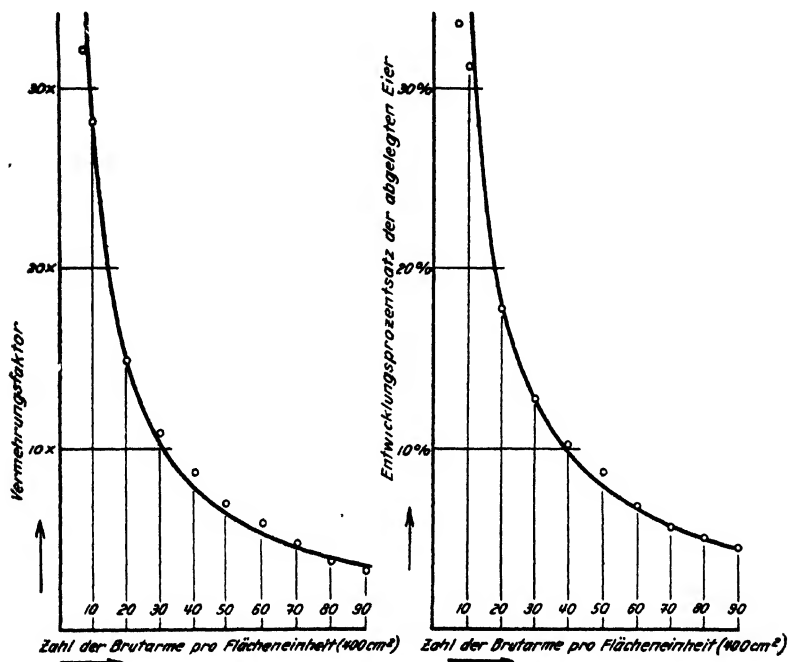


Abb. 28. Geringere Vermehrung bei steigender Befallsdichte. Ordinate: Links: Vermehrungsfaktor, rechts: Entwicklungsprozentsatz der abgelegten Eier. Abszisse: Zahl der Brutarme je Flächeneinheit (400 cm²)

von der Zahl der eingebohrten Altkäfer ausgegangen wird. Die wirkliche Größe der Elterngeneration kann, wie oben gezeigt, höchstens geschätzt werden, da der Verbleib eines Teiles bisher nicht ermittelt werden konnte.

Berechnung: Ist Vermehrungsprozentsatz je Flächeneinheit = V , die Zahl der eingebohrten Altkäfer = P_1 , die Zahl der auskommenden Jungkäfer = P_2 , die Zahl der einzelnen Brutarme = B , dann lautet die Formel:

$$V = \frac{P_2}{P_1} \text{ wobei } P_1 = B \cdot 3 \text{ ist.}$$

Berechnung von P_1 erfolgt nach der Zahl der in den Brutbildern enthaltenen Altkäfer (siehe oben).

Es zeigt sich, daß V in einem Verhältnis zum steigenden Befall kleiner wird, das sich durch eine hyperbelartige Kurve darstellen läßt.

Der Verlauf dieser Kurve kann durch die Gleichung: $y = 240 x^{-0,881}$ hinreichend genau definiert werden (Abb. 23).

Ebenso kann man nachweisen, daß für das Kleinerwerden des Vermehrungsfaktors die Behinderung der Larven gegeneinander verantwortlich ist. Die Behinderung der Altkäfer untereinander bei der Anlage der Brutbilder hat weniger Bedeutung, wie schon die Kurve der Abb. 22 zeigte.

Berechnung: Ist der Entwicklungsprozentsatz der abgelegten Eier = E, die Länge der einzelnen Brutarme = L und die durchschnittliche Zahl der je Zentimeter des Brutarmes abgelegten Eier = e, dann lautet die Formel:

$$E = \frac{B \cdot L \cdot e}{P_{II}}$$

und es ergibt sich, daß E in einem Verhältnis zum steigenden Befall kleiner wird, das dem von V sehr ähnlich ist. Die entstehende Kurve läßt sich durch die Gleichung

$$y = 270 x^{-0,9} \text{ definieren (Abb. 23 E) } ^2).$$

Aus der Abb. 21 ist zu erkennen, daß die absolute Zahl der ausfliegenden Käfer je Flächeneinheit bei einer Befallsdichte von etwa 40–60 Brutarmen, also 10–15 Brutbildern auf einer Fläche von 20 zu 20 cm, am größten ist. Die daraus ausfliegende Zahl von Jungkäfern, rund 270 Stück, sind in der Lage, etwa 65 bis 70 neue Brutbilder an-

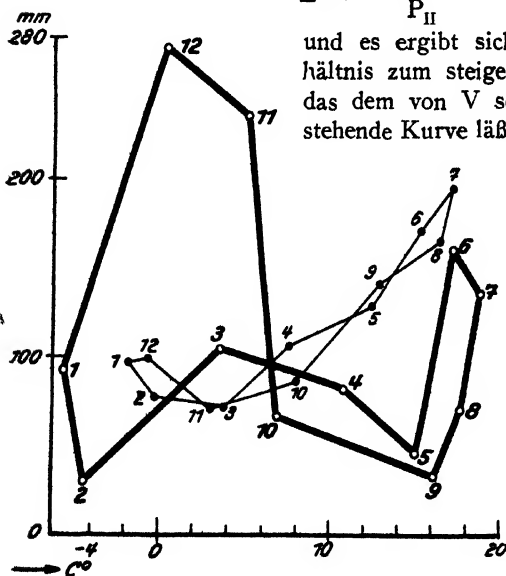


Abb. 24 Klimatogramme von Bad Reichenhall, Oberbayern (Alpenrandlage) ———— Langjähriges Mittel, ————— Klimatogramm von 1947

¹⁾ Da es noch fraglich ist, ob diese Kurve allgemeinere Bedeutung hat, oder nur bei *curvidens* gilt, wurde zunächst ihr Verlauf nur mathematisch festgelegt und auf eine Einsetzung von V, das = y, und B, das = x wäre, verzichtet.

Berechnung der Formel: Auf Grund des Verlaufs der empirisch ermittelten Kurve war zu erwarten, daß die Abhängigkeit des Vermehrungsfaktors V von Befallsdichte B durch die Funktion $y = a \cdot x^b$ genügend genau angenähert wird. Logarithmiert man die Gleichung und trägt in ein Ordinaten-system log x als Abzisse, log y als Ordinate ein, so können die Werte a und b direkt abgelesen werden. Dabei gibt b die Neigung der Geraden, log a (durch Logarithmieren wird aus $y = b \cdot x^b$ die Geradengleichung $\log y = \log a + b \log x$), den jeweiligen Abschnitt auf der Ordinate an.

²⁾ Für die Berechnung der Gleichung gilt dasselbe, das bei der vorhergehenden gesagt wurde.

zulegen. Eine Zahl, die nach eigenen Beobachtungen für *curvidens* ausreichend ist, um auf einem neuen Baum Fuß fassen zu können. Da die bruthaltige Mantelfläche einer bis unten befallenen alten Tanne aber mehrere Quadratmeter beträgt, kann man sich vorstellen, welche Ausbreitungsfähigkeit in einer ausfliegenden Generation liegt. Praktisch können in jedem Fall alle überhaupt vorhandenen bruttauglichen Plätze besiedelt werden. Sind dies auf viele Bäume verteilte kleine Zonen, so kann schon nach einer Generation die Vernichtung unheimliche Zahlen annehmen.

Die Zahl der abgelegten Eier ist bei *curvidens*, verglichen mit anderen Arten, als hoch zu bezeichnen. Sie schwankt nach den oben gegebenen Zahlen zwischen 100 und 200 Stück. Durchschnittlich sind es etwa 130—140, je Weibchen.

b) Nachweis der Ausbreitungsfähigkeit

Treffen die im vorhergehenden berechneten Zahlen zu, so muß eine plötzliche stärkere Schwächung von Tannenbeständen zu einem für *curvidens* günstigen Zeitpunkt binnen weniger Wochen ein Anwachsen seiner Population auf ein Vielfaches zustande bringen. Eine derartige Schwächung zu einem für die Käfer günstigen Zeitpunkt stellte die abnorme Trockenheit des Sommers 1947 sehr wahrscheinlich dar. Es ist schwierig, für einen schnellen Anstieg einer Insektenpopulation nachträglich noch genaue Unterlagen beizubringen. Einen Anhaltspunkt böte die Menge des anfallenden Käferholzes in den einzelnen Gebieten. Doch führen die bayrischen Forstämter in ihren Meldungen für gewöhnlich keine Trennung des eingeschlagenen Holzes nach den verschiedenen Schadfaktoren durch. Käferholz, Windwurfholz und durch andere Schäden angefallenes Holz werden statistisch zusammengefaßt. Infolgedessen führt der Weg über die Akten der Forstämter im allgemeinen nicht zum Ziel.

Im Forstamt Schorndorf waren jedoch durch den Forstmeister mehr aus privatem Interesse die Zahlen schon für das Wirtschaftsjahr 1946/47 getrennt aufgenommen worden und konnten somit denen von Oktober 1947 bis Juli 1948 gegenübergestellt werden. Für die drei im Forstamt Schorndorf vorhandenen Tannenreviere ergaben sich dabei die Zahlen:

Wirtschaftsjahr 1946/47		Die ersten 10 Monate vom Wirtschaftsjahr	
1. Okt. 1946 bis 30. Sept. 1947		1947/48 1. Okt. 1947 bis 31. Juli 1948	
331 fm Plüderhausen Süd		3 354 fm	
193 fm Plüderhausen Nord		1 922 fm	
38 fm Eulenhof		669 fm	

Bei den beiden ersten Revieren liegt eine zehnfache, beim letzten eine zwanzigfache Steigerung gegenüber dem Vorjahr in einem Zeitraum von 10 Monaten vor. Dabei ist zu beachten, daß seitens des Forstamtes bereits im Jahre 1947 eine intensive Bekämpfung einsetzte, die im Juli 1948 im wesentlichen abgeschlossen war, und das im Revier Plüder-

hausen Süd, nach eigener Kenntnis der Lage 60—70 % des angefallenen Holzes bereits im Herbst und Frühwinter 1947 eingeschlagen werden mußte. Im übrigen steht die laufend durchgeführte sorgfältige Entfernung des vorhandenen Käferholzes während des Wirtschaftsjahres 1946/47 für das Forstamt Schorndorf außer Zweifel.

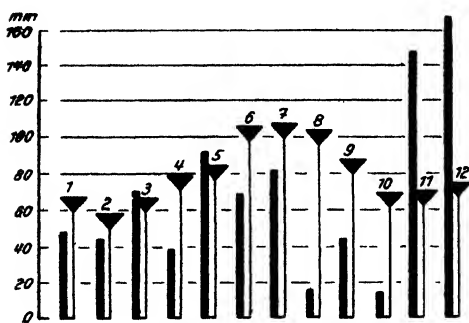


Abb. 25. Niederschlagsmengen in der Station Adelberg, 465 m M.-Höhe, *curvidens*-Befallsgebiet bei Schorndorf, Württemberg. ▼ Langjähriges Mittel, ■ 1947

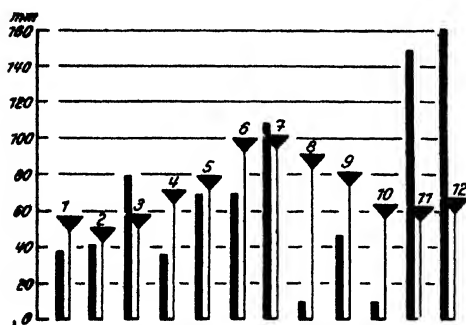


Abb. 26. Niederschlagsmengen in der Station Schorndorf, 255 m M.-Höhe, *curvidens*-Befallsgebiet bei Schorndorf, Württemberg. ▼ Langjähriges Mittel, ■ 1947

Die Zahlen zeigen eindeutig, daß *curvidens*-Kalamitäten bei plötzlicher starker Schwächung der Tannenbestände explosionsartig auftreten können.

In den Abb. 24, 25 und 26 sind ein Klimatogramm und zwei Niederschlagstabellen des Jahres 1947, von den Stationen Reichenhall, Adelberg und Schorndorf, im Vergleich mit den langjährigen Mitteln dargestellt. Sie zeigen im August von August bis Oktober einen starken Rückgang der Niederschlagssummen. Dies fällt besonders für die Werte von Schorndorf auf.

Daß diese Abweichungen für die Tanne eine bedeutende Störung der Wasserversorgung darstellen, ist nach den früheren Ausführungen zu ihrer Physiologie ohne weiteres verständlich. Man kann daher

diese geringen Niederschläge als das auslösende Moment der *curvidens*-Kalamitäten betrachten, wenn man die zeitliche Übereinstimmung des Ausbruchs mit der Trockenperiode in Betracht zieht. Von dieser Vorstellung wurde aber anfangs schon ausgegangen, nur fehlte bisher der Nachweis der Zusammenhänge.

4. Ursachen der Massenvermehrung

Nachdem die grundsätzlichen Fragen über die Ursachen geklärt sind, können der Verlauf der Gradation bei *curvidens* zusammenfassend dargestellt und die Bedeutung der Einzeleinflüsse verglichen werden.

Dabei ist von der vorhandenen Biozönose und den normalen Umweltbedingungen der Tanne auszugehen. Die Veränderungen der Umwelt, und

die verschiedenen Reaktionen der einzelnen Glieder der Biozönose auf diese, ergeben dann schließlich das auslösende Moment für die Gradation von *curvidens*. Von vorneherein muß hierbei ein Ursachenkomplex angenommen werden, der aus Faktoren wechselnder Größe besteht.

a) Zur Biozönose

Die Lebensgemeinschaft der Tanne umfaßt in Mitteleuropa eine größere Anzahl pflanzlicher und tierischer Arten, die sie alle in mehr oder minder großer Zahl schädigen.

Von pflanzlichen Schädlingen sind Tannenkrebs und Hallimasch¹⁾, die bei bestimmten physiologischen Störungen, durch ungünstige Böden gefördert, an erster Stelle zu nennen. Besonders dem Tannenkrebs (*Fungi imperfecti*, *Accidium* A. et S.) dürfte gewisse Bedeutung als Schrittmacher für *curvidens* zukommen, da bereits bekannt ist, daß bei Lärchenkrebs eine erhebliche Minderung des osmotischen Wertes in der Rinde eintritt, was Erfrierungen größeren Ausmaßes zur Folge haben kann. Handelt es sich beim Lärchenkrebs auch um einen ganz anderen Pilz, so ist doch anzunehmen, daß auch jener der Rinde Nährstoffe entzieht, womit stets eine Herabsetzung der osmotischen Werte verbunden ist.

Weit höher können bestimmte Insektenarten als Wegbereiter von *curvidens* veranschlagt werden. Die größte Bedeutung haben dabei nicht die Primärschädlinge, wie *Caocoecia murinana* oder *Semasia rufimitrana*, sondern die eigentlich zu den sekundären Schädlingen gerechneten Ipiden, *Cryphalus piceae* Rtzlg. und die beiden kleineren *Pityokteines*-Arten *vorontzowi* und *spinidens*. Wie BRAUN (6) gezeigt hat, verursacht der mit seinem Brutfraß stark sekundär auftretende *Cr. piceae* durch seinen primären Überwinterungsfraß in den Ästen schwere pathologische Veränderungen in der Rinde und dem Splint. Das hat eine erhebliche Störung des Saftstromes und damit Minderung des osmotischen Wertes der Rinde zur Folge. Reicht die Senkung des osmotischen Wertes noch nicht für *curvidens* aus, da nur die Äste betroffen werden, so bietet sie für die beiden kleinen Arten oft ausreichende Brutbedingungen. Diese schaffen dann durch völlige Abriegelung des absteigenden Saftstromes schnell die für *curvidens* nötigen Voraussetzungen. Im geringeren Grade kann auch *curvidens* durch seinen Überwinterungsfraß zur Bruttauglichkeit der Tanne beitragen.

Obwohl das Zusammenwirken aller Kräfte der Biozönose in einer Richtung schon die Voraussetzungen für einen *curvidens*-Angriff bilden kann und vereinzelt auch bildet, so bleiben ungünstige klimatische Einflüsse doch die entscheidenden Ursachen. Die eben beschriebenen Insekten haben insofern große Bedeutung, als sie die Tanne für ungünstige

¹⁾ Beobachtungen in den letzten Jahren seitens der forstlichen Praxis sollen für Hallimasch an Fichte gezeigt haben, daß Bäume, die von diesem befallen sind, selten von *typographus* angegriffen werden. An Tanne konnten derartige Beobachtungen bisher nicht gemacht werden.

Witterungseinflüsse empfindlicher machen und bereits geringere Schwankungen zum Negativen ausreichen, um *curvidens* den Weg zu bereiten.

Die Möglichkeit, daß bei ungünstigen Verhältnissen erst die kleinen Arten längere Zeit im Baume leben und nach genügender „Vorbereitung“ auch *curvidens* angreifen kann, der dann ebenfalls lange braucht, bis er den ganzen Stamm befällt, erklärt die von RATZBURG (25) zweifelnd referierte Angabe älterer Beobachter, daß *curvidens* bis zu einem Jahr und länger benötigen kann, um einen Baum zu töten.

b) Ursachen des Ausbruchs von Kalamitäten bei *curvidens*

In der Abb. 27 sind die Faktoren, die auf die Population von *curvidens* einwirken können, schematisch in ihrer wechselnden Wirkung dargestellt.

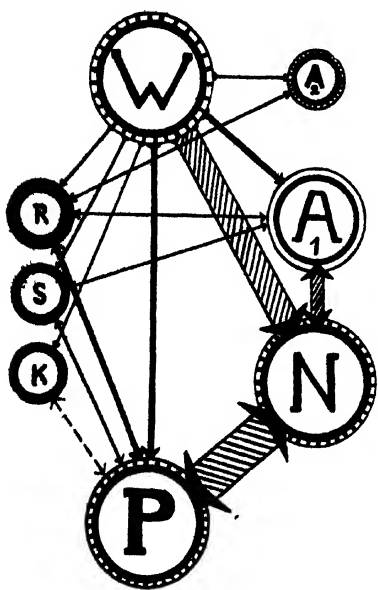


Abb. 27. Beeinflussung der Population von *Pt. curvidens* Germ. durch die Umwelt. (Erklärungen siehe Text)

Es bedeuten dabei P die Population von *curvidens*, N die Nahrung und W die Witterungseinflüsse. A₁ sind die anderen Arten der Tannenbiozönose, soweit sie die Tanne schädigen, A₂ andere Insektenarten, bei denen sich Räuber auch halten können, dies somit als „Zwischenwirte“ eine gewisse Rolle spielen. R = räuberisch bei *curvidens* lebende Insekten, S = parasitisch bei *curvidens* lebende Arten und K = Krankheiten von *curvidens*, die aber bisher nicht mit Sicherheit zu ermitteln waren. Ganz weiter Ring um den betreffenden Faktor bedeutet: Nur gradationsfördernd, schwarz-weißer Ring: je nach Art des Einflusses fördernd oder hemmend. Die Pfeile geben die Richtung der Wirkungen, die Stärke des Pfeiles die Bedeutung des Einflusses an. Ebenso wurde durch die wechselnde Größe in der Darstellung der einzelnen Faktoren

ihre Bedeutung gekennzeichnet. — Das Schema zeigt ohne weiteres die überragende Bedeutung der Nahrung für die Größe der Population. Die Wirtspflanze ist vor allem vom Witterungsverlauf, im etwas geringeren Umfang von anderen Insekten der Tannenbiozönose abhängig. Alle anderen Einflüsse treten hinter diesen weitgehend zurück.

Die Auslösung einer Kalamität bei *curvidens* erfolgt durch erhöhtes Nahrungsangebot, das durch ungünstige Witterungseinflüsse und die vorbereitende Arbeit anderer Insektenarten verursacht wird.

5. Zur Vorhersage einer Kalamität

Hierbei muß zunächst der Zweck der Prognose festgelegt sein. Es soll unterschieden werden zwischen einer Prognose für ein bestimmtes kleines Revier und der, die für ein größeres Anbauggebiet der Tanne Gültigkeit hat. Im ersteren Fall handelt es sich um die Anpassung der laufenden Bekämpfungsmaßnahmen an die Schwankungen der Population, während im zweiten Fall an eine Vorhersage schwerer Kalamitäten, die Großbekämpfung erfordern, zu denken wäre.

Zur Durchführung laufender Bekämpfungsmaßnahmen ist durch Kontrollfangbäume eine genügend sichere Vorhersage möglich. Im einzelnen wird darauf bei den Bekämpfungsmaßnahmen eingegangen werden.

Anders ist es bei der Prognose für größere Gebiete. Die hier angestrebte Vorhersage schwerer Kalamitäten stößt auf Schwierigkeiten. Die Methode der Kontrollfangbäume wird kaum ausreichen, um rechtzeitig die Gefahr zu erkennen, da das Einleiten von Großbekämpfungen eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Daher müßte grundsätzlich anders vorgegangen werden. Man dürfte nicht die in der Käferpopulation wirklich auftretenden Vermehrungen beobachten, sondern müßte versuchen, die auslösenden Faktoren der Gradation rechtzeitig als solche zu erkennen. Die Größe dieser Faktoren ist aber, wie gezeigt wurde, für jeden Tannenstandort anders. Etwas wird die Bestimmung jedoch wieder erleichtert, da für Großkalamitäten nur die Witterungseinflüsse als auslösend angesehen werden brauchen. Gelingt es also die einzelnen Standorte zu typisieren (der mögliche Weg wären pflanzensoziologische Untersuchungen an Stellen häufiger Massenvermehrungen) und für jeden Standortstypus eine bestimmte minimal benötigte Klimaschwankung zu ermitteln, so könnte eine Prognose auf Grund der Witterungsdiagramme aufgestellt werden.

Der Vergleich der Klimatogramme von den einzelnen Jahren, in denen Gradationen auftraten, gegen die langjährigen Mittel, könnte einen Grenzwert der klimatischen Schwankungen zeigen, jenseits dessen regelmäßig Ausbruch von Massenvermehrungen zu erwarten ist. Dieser Grenzwert würde natürlich für jeden Standortstypus anders sein.

Eine interessante Beobachtung, die einen anderen Weg der Standortstypisierung zeigt, konnte im Befallsgebiet bei Waldmünchen gemacht werden. An dem heißen Südhang wurde das Vorkommen der Orthoptere *Tetrix bipunctatum* L., festgestellt. Die Art ist als Faunenelement nordisch-alpin und typisch für sehr trockne Stellen in montanen und alpinen Gebieten. Eine Stelle, an der *Tetrix bipunctatum* L. vorkommt, kann niemals ein geeigneter Tannenstandort sein¹⁾. Auf dem Wege über die tierische Biozönose des Standortes könnte also vielleicht ebenfalls eine Typisierung vorgenommen werden.

Es bleibt abzuwarten, wieweit sich diese Wege als gangbar erweisen. Außer Frage dürfte aber stehen, daß durch eine Fest-

¹⁾ Laut freundlicher Mitteilung von Dr. FISCHER, Augsburg.

legung der dauernd als gefährdet anzusehenden Tannenanbaugebiete und eine rechtzeitige Erkennung möglicher Massenvermehrungen, die Bekämpfung wesentlich erleichtert würde, da die meisten Großschäden der auf die Trockenperiode des Jahres 1947 gefolgt Gradationen erst im Frühsommer 1948 ihren Höhepunkt hatten, obwohl die Auslösung bestimmt bereits 1947 erfolgt war. Seit dieser Zeit wurde *curvidens* zwar bekämpft, aber nicht systematisch gegen weitere Ausbreitung vorgegangen, da der wirkliche Umfang der Übervermehrung von den einzelnen Forstämtern erst viel zu spät erkannt worden war.

Die theoretische Möglichkeit, ausreichende Prognosen für den Ausbruch von Massenvermehrungen bei *curvidens* zu stellen, ist also gegeben. Die praktische Durchführung war bisher nur für kleinere Bezirke durch Beobachtung der Populationsbewegungen möglich.

F. Wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung

1. Wirtschaftliche Bedeutung

Zur Klärung der wirtschaftlichen Bedeutung eines Tieres muß zunächst festgestellt werden, wo dieses in das Wirtschaftsgefüge eingreift. Dabei ist scharf zu trennen zwischen den direkten Schaden, die die betreffende Art anrichtet, und dem indirekten Schaden ihres Auftretens, der meist viel erheblicher ist, als erstere. Die Kenntnis dieser Beziehungen wird vor allem wichtig, wenn man die Rentabilität einer Bekämpfung ermitteln muß, deren Kosten selten allein auf Grund des verursachten direkten Schadens tragbar erscheinen. Unter diesen Voraussetzungen soll hier die Betrachtung von *P. curvidens* erfolgen, wobei darauf hingewiesen sei, daß, wie oben ausgeführt, *curvidens* das letzte Glied einer langen Kette ist. Wir untersuchten also genau genommen die wirtschaftliche Bedeutung der umweltbedingten Voraussetzungen für seine Massenvermehrungen.

Der direkte Schaden von *curvidens* ist nicht allzu groß. Eine Entwertung des Holzes tritt nicht ein, höchstens der vorzeitige Abtrieb noch nicht schlagreifer Hölzer kann sich ertragsmindernd auswirken. Da jedoch die meisten von *curvidens* befallenen Stämme zur Mittelklasse gehören, dürfen dadurch kaum wesentliche Verluste entstehen. Eine gewisse finanzielle Mehrbelastung tritt bei den Forstämtern durch den Zwang zur Stoßarbeit bei plötzlich auftretenden Kalamitäten ein. Doch kann man diese Kosten auch zu den indirekten Schäden rechnen, die als Folge von Massenvermehrungen entstehen.

Die indirekte Wirkung einer *curvidens*-Gradation besteht in den umfangreichen Folgeschäden und dem über lange Zeiträume weitergehenden Kränkeln des gesamten Bestandes, auch wenn der wirklich durch Fraß vernichtete Prozentsatz nicht besonders hoch ist. Das schleichende vorzeitige Sterben eines Bestandes bringt tiefgreifende, waldbaulich be-

deutsame Veränderungen mit sich. Diese können, wenn strukturelle Veränderungen im Boden eintreten, endgültige sein. Da die Tanne als Tiefwurzler besonders im Mischwald für den Wasserhaushalt große Bedeutung besitzt, besteht, um bloß ein Beispiel zu nehmen, die Gefahr der Verkarstung.

Bereits ein Jahr nach Beginn der Kalamität konnte ich im Schadgebiet des Forstamtes Waldmünchen derartige Veränderungen beobachten. Dort hatte die Gradation in einem Tannen-Buchen-Mischwald stattgefunden, der auf flachgründigem Boden an einem Südhang stockte. Im Herbst und Winter hatten in einigen Teilen dieses Waldgebietes die Tannen gänzlich herausgehauen werden müssen. Die Folge war ein starkes Zunehmen der Sonneneinstrahlung, die bereits im nächsten Frühjahr eine Vermehrung der Trockenschale bei Buchen bewirkte. Es ist zu erwarten, daß auch die Buchen nach einigen Jahren zu sterben beginnen, da die erhöhte Einstrahlung, bei gleichzeitig verschlechterter Wasserversorgung, es ausgeschlossen erscheinen läßt, daß die alten Buchen sich diesen veränderten Verhältnissen ohne schwerwiegende physiologische Störungen anpassen können. Sollten die Buchen tatsächlich auch noch ausfallen, so ist ein Aufhalten der Verkarstung kaum mehr möglich. Damit wäre diese Fläche als für die Forstwirtschaft verloren anzusehen.

Ein weiteres Beispiel gab die Wirkung stärkerer Stürme des Sommers 1948 im Remstal östlich Stuttgart. Dort waren mehrfach *curvidens*-Schadstellen, die als Streubefall über den gesamten Bestand der betroffenen Reviere gingen. Meist waren keine größeren Kahlschläge entstanden. Nach einem schweren Unwetter (am 22. Juli 1948) traten in der ganzen Gegend große Windbrüche auf. Diese häuften sich überall besonders dort, wo Fällungen den Bestandsschluß aufgehoben hatten. Man konnte geradezu von einem proportionalen Verhältnis zwischen Windbruchschäden und vorangegangenen Käferbefall sprechen. Die Abb. 31 zeigt einen Bestand auf den Höhen südlich der Rems bei Plüderhausen, der langsam völlig verlorengeht, da ihm die Einwirkungen des Klimas laufend weiter schädigen. Der ursprüngliche Anfall am Käferholz war gar nicht besonders hoch gewesen. Es ist das traurige Bild eines sterbenden Waldes.

Besonders der für *curvidens* so typische Streubefall ist es, der den Forstmann oft dazu verführt, seine Wirkung zu unterschätzen. Auf lange Sicht gesehen steht *curvidens* den anderen, z. B. *Ips typographus*, kaum nach.

Mit den gegebenen Beispielen dürfte die wirtschaftliche Bedeutung von *curvidens* gezeigt sein. Für die forstliche Praxis hätte daher eine Möglichkeit, diesen negativen Faktor des Waldbaues auf lange Sicht zu kennen und festzulegen, erheblichen Wert. Auf Möglichkeiten dazu wurde oben hingewiesen.

2. Erkennen des Befalls im stehenden Bestand

Rechtzeitige Erkennung des Befalls im Bestand hat für die *curvidens*-Bekämpfung größte Bedeutung, da nur in den frühen Entwicklungsstufen mit mechanischer Bekämpfung allein, die leichter und billiger ist, ein durchschlagender Erfolg erzielt werden kann.

Vorteilhaft ist es, sich mit Hilfe von Kontrollfangbäumen ein ungefähres Bild der Größe und Ausdehnung des Käfervorkommens zu verschaffen. Dann wird, an den Hauptgefahrstellen beginnend, der ganze Bestand systematisch auf stehenden Befall durchgekämmt.

Die Kontrollfangbäume müssen besonders sorgfältig nach dem Verfahren der Fangbaummethode gelegt werden, da hier bei einzelnen Bäumen ein methodischer Fehler besonders schwerwiegende Folgen hat. Ebenso ist sorgfältige Beobachtung Voraussetzung für erfolgreiche Anwendung mit sicheren Ergebnissen.

Das Verfahren selber ist das in der Praxis in ähnlicher Form schon mehrfach angewandte. Es sei im folgenden kurz dargestellt:

Die in geringen Mengen an mehreren Stellen verteilt liegenden Bäume werden als Kontrollstämme regelmäßig auf Anflug untersucht. Sowie dieser deutlich zunimmt, muß die Zahl der Fangbäume rasch erhöht werden. Hält der stärkere Anflug weiter an, soll sofort mit verschärften Bestandskontrollen und der Vorbereitung von Bekämpfungsmaßnahmen begonnen werden. Es sei darauf hingewiesen, daß unabhängig von den Kontrollbäumen noch eine mehr oder weniger große Zahl von Fangbäumen im Revier lagern können und sollen, je nach Größe des bisher aufgetretenen Befalls. Die Kontrolle selber sollte aber nur an wenigen Stämmen sehr sorgfältig durchgeführt werden. Bei zu großer Zahl laufend zu kontrollierender Stämme läßt die Sorgfalt leicht nach.

Selbst bei reichlicher Fangbaumlegung kann die Ausbreitung von *curvidens* nicht ganz verhindert werden, da er im großen Umkreis schwärmt, auch wenn in der Nähe genügend Brutmaterial vorhanden wäre. Deshalb muß auf jeden Fall eine sorgfältige Kontrolle auf stehenden Befall erfolgen, wenn erhöhter Anflug an den Kontrollbäumen ein Zunehmen der schwärmenden Käfer anzeigt.

Der stehende Befall ist am sichersten am Rotwerden der Wasserreiser zu erkennen.

Besteht bei einem Baum Verdacht auf Befall, so muß dieser sofort gefällt und aufgearbeitet werden. Je eher die Fällung erfolgt, um so leichter ist die Vernichtung der Brut.

Bemerkt sei hier nochmal, daß die mit Harz betropften Stämme nicht mit Brutfraß befallen zu sein brauchen, dieser zeigt nie Harztropfen. Daher müssen diese Stämme auch nicht unbedingt gefällt werden. Wohl aber sollten sie einer verschärften Kontrolle unterworfen sein, da sie besonders gefährdet sind.

3. Zur chemischen Bekämpfung

Wie mehrfach erwähnt, reicht bei *curvidens* die übliche Borkenbekämpfung nicht aus, da die in den Splint eingebohrten Larven nicht mehr gefaßt werden können.

Zur Bekämpfung dieser in den Splint eingebohrten Larven sind die verschiedensten Verfahren vorgeschlagen worden. Doch hatte bisher keine der angegebenen Methoden ein befriedigendes Ergebnis aufzuweisen, oder war in der Praxis im großen anwendbar. Die meisten Versuche zielten darauf ab, den Tieren mit Hitze- oder Kältewirkung beizukommen. Anräuchern, Ankohlen und intensive Sonnenbestrahlung wurden vor allem vorgeschlagen ¹⁾.

Das Anräuchern ist in der Praxis nur bei Meterstücken durchführbar. Auch dann ist es wegen seiner Brandgefährlichkeit nur bedingt zu empfehlen.

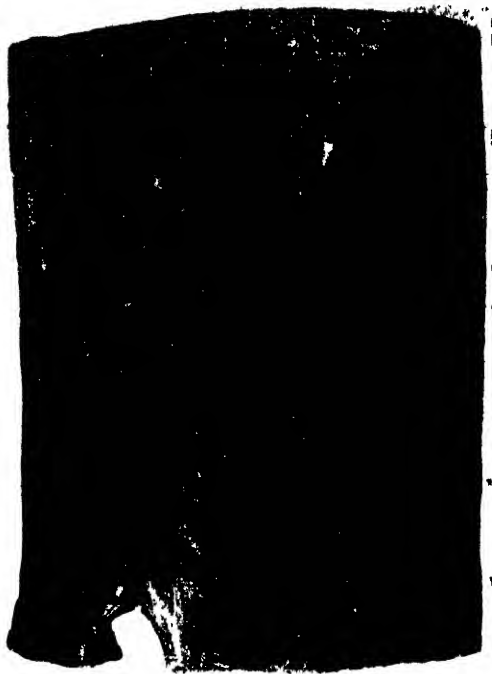


Abb. 28. Stammstück einer Tanne mit zahlreichen Auszuglöchern von *Pit. curvidens* Germ. (Verkleinert)

Besonnung brachte zwar einige Teilerfolge, doch zeigte sorgfältige Prüfung, daß der Prozentsatz der Abtötung nur bei senkrechter Sonneneinstrahlung groß war. Die Flächen, die schräg von der Sonne getroffen wurden, wiesen nur ganz mangelhafte Abtötung auf. Dazu kommt aber noch, daß das Holz durch Reißen stark entwertet wird. Von Holzfachleuten wurde hierbei von einer Wertminderung bis zu 20 % gesprochen.

Die beiden genannten Methoden kommen so für die Praxis kaum in Betracht. Daher wurde von Anfang an das größte Gewicht auf Versuche zur Schließung dieser Lücke in der Bekämpfung gelegt.

Es lag nahe, die neuen Kontaktinsekticide auf ihre eventuelle Wirksamkeit gegen die im Splint eingebohrten Larven zu prüfen. Im Forstamt Schorndorf wurden dazu im größeren Maßstab Freilandversuche angesetzt. Zur Prüfung der Giftwirkung unter optimalen Bedingungen

¹⁾ Besonders CECONI (8) und BARBEY (1) empfehlen diese Methoden: BARBEY betont vor allem das Ankohlen („carboniser la peripherie du tronc“).



Abb. 29. Stammstück von Tanne mit *curvidens*-Befall. Die Behandlung mit E 605 f hat die Puppen getötet, es sind keine Ausfluglöcher zu sehen. (Gleich Stamm wie Abb. 28, zum gleichen Zeitpunkt aufgenommen.) (Verkleinert)

liefen mit den Freilandversuchen ähnliche Laborversuche parallel (hierzu auch RIEMSCHEIDER [29]).

Geprüft wurde aus der DDT-Gruppe: Gesarol und Gesapon. Von der Cylo-Hexan-Gruppe: Nexen, Viton-Emulsion und Viton-Spritzmittel und von der E-Gruppe: E 605 f.

In Tabelle 11 sind die Abtötungswirkungen nach einer tropfnassen Spritzung unter den üblichen Bedingungen der praktischen Anwendung zusammengestellt. Gespritzt wurden Stämme, die einige Tage vorher entrindet worden waren. Es war für die Wirkung der Gifte von Bedeutung, ob sofort nach dem Entrinden oder erst nach leichtem Austrocknen der Stämme gespritzt wurde. Im letzteren Fall konnten durchweg bessere Ergebnisse erzielt werden.

Tabelle 11

Die Wirkung verschiedener Kontaktinsekticide auf die in den Splint eingebohrten Larven und Puppen von *P. curvidens*

Spalte 1 stellt die Mittelwerte von je zehn Kontrollen an sechs getrennten Versuchsreihen, Spalte 2 das Mittel der Optima jeder Versuchsreihe dar. Der mittlere Fehler wurde für Spalte 1 mit 3 %, für Spalte 2 mit 8 % errechnet.

Gift	Konzentration %	Abtötung	
		Durchschnitt %	Optimum %
E 605 f	0,5	95	über 95
E 605 f	0,2	85	90
Gesapon	2	40	50
Gesarol (Spritzmittel) mit 5 % Wirkstoffgehalt	5	65	70
Nexen (Emulsion)	2	70	80
Viton (Emulsion)	1	65	75
Viton (Spritzmittel)	5	75	85
Kontrolle (unbesonnt)	—	10—15	—
Kontrolle (besonnt)	—	bis zu 40—50	—

Die aufgeführten Werte der ersten Spalte sind Mittelwerte aus sechs Versuchsreihen (mit je 10 Kontrollen), mit verschiedenen gelagerten Stammstücken. Da feststellbare Unterschiede an den verschiedenen Lagerungsarten, mit Ausnahme der in praller Sonne, nicht beobachtet werden konnten, wird auf die Wiedergabe von verschiedenen Lagerungsarten, mit lere Fehler für die Werte der ersten Spalte wurde auf $+3\%$ berechnet. — Die zweite Spalte stellt das Mittel der jeweiligen optimalen Werte in den einzelnen Versuchsreihen dar. Die mittlere Streuung wurde hier auf ± 8 bis 10% bestimmt. Die hauptsächlichste Fehlerquelle (senkrechte Sonneneinstrahlung) wurde durch Lagerung sämtlicher Versuchsstücke im geschlossenen Bestand und auf Nordseiten vermieden.



Abb. 30. Stammstück einer Tanne mit *curvidens*-Befall. Spritzung mit Rohkarbolineum hat fast sämtliche eingebohrten Larven getötet. (Verkleinert)

Die Tabelle zeigt, daß nur E 605 f in der starken Konzentration von $0,5\%$ (bei Blattläusen $0,01\%$) eine den Anforderungen genügende Wirkung hat (vgl. Abb. 28 und 29). Schon die schwächere Konzentration von $0,2\%$ zeigt ein Nachlassen in der Wirksamkeit. Alle anderen Mittel bleiben hinter einer brauchbaren Mindestwirkung, zum Teil sogar weit zurück.

Die Wirkung von E 605 f muß als ein Erfolg der chemischen Durchdringung angesehen werden, da die Eindringfähigkeit von Wasser in den Bohrmehlpfropfen sehr gering ist. Da aber alle anderen Gifte eine sehr viel schwächere oder gar keine Ätzwirkung haben, ist ihre geringere Wirkung verständlich.

Die schlechte Eindringfähigkeit von Wasser dürfte auf die Schutzimprägnierung des vorderen Teils von Bohrmehlpfropfen zurückzuführen sein. Auf diese Schutzschicht ist auch das unzureichende Ergebnis der diesbezüglichen Versuche von SCHNEIDER-ORELLI (35) zurückzuführen¹⁾.

¹⁾ Anm. in der Korrektur: Inzwischen ist von SCHNEIDER-ORELLI eine erfolgreiche Bekämpfung mit Mineralpräparaten auf Kontaktbasis erzielt und Anfang 1949 (l. c.) veröffentlicht worden.

E 605 f ist auch in der Geschwindigkeit der Wirkung das weitaus günstigste der erprobten Kontaktinsekticide. Nach einem Zeitraum, in dem bei anderen Mitteln noch keine Wirkung gefunden wurde, waren die Larven und Puppen im Holz der mit E 605 f behandelten Stämme bereits tot und schwarz verfärbt. Die dazu nötige Zeitspanne schwankte sehr stark, proportional der Lufttemperatur. Bei Tagestemperaturen von $+3^{\circ}$ bis 4° im Mittel (Februar bis März) dauerte sie drei bis vier Wochen. Im Juni, bei einem Tagesmittel von $+18^{\circ}$, waren die gleichen Erfolge bereits nach fünf Tagen festzustellen.

Die im Frühjahr 1948 bestehenden Beschaffungsschwierigkeiten für E 605 f im Großeinsatz zwangen dazu, nach anderen Mitteln zu suchen, mit denen ähnliche Wirkung erzielt werden konnte. Dabei wurden unter anderem auch Versuche mit Holzschutzmitteln auf Karbolineumbasis angesetzt. Das überraschende Ergebnis war, bei sorgfältiger Anwendung, eine 100prozent. Wirkung von Rohkarbolineum (siehe dazu Abb. 30). Verschiedene in Wasser emulgierte Obstbaumkarbolineumarten hatten dagegen keine ausreichende Wirkung.

Rohkarbolineum, das nur unverdünnt verwendet werden konnte, da es sich mit Wasser nicht mischt, erwies sich in der Bekämpfung trotz dieser Schwierigkeit als wirtschaftlich brauchbar. Bei mindestens gleicher Wirkung lagen die Kosten einer *curvidens*-Bekämpfung mit diesem Mittel noch erheblich unter den Kosten einer Anwendung von E 605 f.

In den mit Rohkarbolineum behandelten Stämmen starben die Larven einige Tage nach der Behandlung oder die schlüpfenden Jungkäfer verendeten bei dem Versuch, die Puppenwiege zu verlassen. Die gute Wir-



Abb. 31. Durch *curvidens*-Kalamität vernichteter Waldbestand auf den Höhen südlich der Reims, Württemberg. Im Vordergrund Windbruchstümpfe

kung muß dem raschen Diffundieren der leichtflüssigen aliphatischen Bestandteile des Rohkarbolineums durch den Verschluß der Einbohrgänge zugeschrieben werden. Darin ist auch die Überlegenheit über die Obstbaumkarbolineumpräparate zu suchen. Diese werden alle in Wasser emulgiert angewandt.

Ein weiterer Vorteil der Karbolineummethode ist der Schutz der Stämme gegen Befall von *Xyloterus lineatus* begründet. Derartig behandelte Stämme werden von diesem nicht mehr angenommen. Bei E 605 f ist eine Abwehr des Nutzholzborkenkäfers dagegen auf die Dauer nicht zu erwarten.

Mit der Ermittlung der Brauchbarkeit von E 605 f unter den Kontaktinsekticiden und der Feststellung der hervorragenden Wirkung von Rohkarbolineum als Bekämpfungsmittel der eingebohrten Larven, war auch diese Lücke in der *curvidens*-Bekämpfung geschlossen. Die Schwierigkeit einer *curvidens*-Kalamität liegt nicht in der Larvenbekämpfung, wenn diese in dem Splint eingbohrt sind, sondern nur noch in der rechtzeitigen Erkennung des stehenden Befalls, die bei genügender Sorgfalt erreichbar ist.

Damit ist es jetzt möglich, eine *curvidens*-Kalamität in kürzester Frist zum Stehen zu bringen und meist bald ganz zu bereinigen.

4. Praktische Bekämpfungsmaßnahmen

a) Fangbäume

Als erste Maßnahme beim Zunehmen des Käferbefalls wurde oben bereits Erhöhung der Fangbaumzahl genannt. Hierbei können wenige sorgfältig gelegte Fangbäume erheblich höhere Wirkung erzielen, als viele schematische Fällungen, die bei *curvidens* kaum Erfolg haben.

Die Fangbäume sollen an mehreren Stellen im Revier verteilt und in größerer Anzahl beieinander gefällt werden. Von einer gleichmäßigen Verteilung im Revier muß abgeraten werden, da die Gefahr der weiteren Ausbreitung damit verbunden sein kann. Versuche haben gezeigt, daß die Anflugdichte bei verteilt gelegten Fangbäumen nicht von der, bei an einer Stelle zusammenliegenden Stämmen zu unterscheiden ist. Das Legen von Fangbaumgürteln hat bei *curvidens* wenig Erfolg, falls man damit das Vordringen der Käfer in einer Richtung verhindern will.

Beim Herrichten des Fangbaumes ist vor allem darauf zu achten, daß dieser nicht der prallen Sonne ausgesetzt ist, und daß er entastet wird. Die Käfer sind sehr wählerisch im Anflug und nehmen, bei geringen Abweichungen von ihren Gewohnheiten, das Fangmaterial nicht mehr an. Ist Sonneneinwirkung nicht zu vermeiden, so kann teilweise Abhilfe geschaffen werden, durch Abdecken der Bäume mit dem anfallenden Reisig. Auf diese Weise läßt sich ein brauchbarer Sonnenschutz erzielen.

Die ersten Fangbäume sollten Anfang März gefällt werden, damit sie bei Beginn der Schwärmzeit fängig sind. Danach ist laufend nachzufällen, entsprechend dem Auftreten von Befall an den Stämmen. Ende

Juni ist die Zahl der Fangbäume auf alle Fälle zu erhöhen, da im Juli stets mit erhöhtem Anflug zu rechnen ist, sobald die neue Generation des Jahres ausfliegt. Die letzten Fangbäume sollten unbedingt bis Oktober liegenbleiben, da auf diese Weise noch ein Teil der überwinternden Käfer abgefangen wird.

Als günstig hat sich die chemische Präparation der Fangbäume mit einem Kontaktinsektizid gezeigt. Es sei hier auf die ausführlichen Versuche von FRANZ (12), mit *typographus*, verwiesen, deren Ergebnisse bezüglich der Erhöhung der Fängigkeit von Fangbäumen auch für *curvidens* gelten, wie besondere eigene Versuche ergaben. Auf keinen Fall dürfen natürlich die Kontrollfangbäume begiftet werden, da sonst die Ergebnisse ein völlig falsches Bild erzeugen würden.

Von größter Wichtigkeit ist die Niederhaltung von *Cr. piceae* und *Pityokteines spinidens* und *vorontzowi* in den Tannenrevieren. Auf die Bedeutung dieser Arten für die Entstehung von *curvidens*-Kalamitäten wurde bereits hingewiesen. Da alle drei, besonders aber *Cr. piceae*, leicht in jedes Fangmaterial gehen, sollten stets schwächere Fangbäume und Äste in genügender Zahl im Walde lagern. Diese müssen dann aber auch regelmäßig kontrolliert und, wenn befallen, vernichtet werden.

b) Bekämpfung des Befalls.

Sind befallsverdächtige Stämme gefällt — und werden entrindet, so erkennt man bereits an der Rinde die Teile des Stammes, an denen Splintholzbefall vorliegt. Überall dort, wo in der Rinde Spuren von weißem Bohrmehl zu finden sind (Abb. 8), haben sich die Larven bereits in den Splint eingebohrt. Hier muß der entrindete Stamm mit einem der genannten chemischen Mittel behandelt werden.

Dort wo keine Spuren von weißem Bohrmehl zu finden sind, reicht Entrindung aus. Doch muß die Rinde zur Vernichtung der Käfer noch mit einem Stäubemittel behandelt werden, oder ist zu verbrennen. Zum Einstäuben sind Mittel der Gemma-Hexan-Gruppe besonders zu empfehlen, da diese sehr rasch wirken und außerdem Gaswirkung in den Boden möglich ist, der etwa dorthin entkommene Käfer erliegen. Die Anwendung von Tüchern, über die entrindet wird, ist zwar als die sicherste Methode anzusehen, doch konnte sie infolge der zeitbedingten Beschaffungsschwierigkeiten vielfach nicht angewandt werden.

In den meisten Fällen zeigt der Stamm nicht von oben bis unten Splintholzbefall, sondern nur ein Teil seiner Krone. Da auch nur dieser Teil gespritzt werden braucht, wird je Stamm meist nur eine geringere Menge Gift benötigt. An gänzlich befallenen Stämmen ist die notwendige Giftmenge je Festmeter bei Rohkarbolineum auf 10—12 l, bei wäßrigen Lösungen auf 12—15 l berechnet worden¹⁾.

¹⁾ Die starken Währungsschwankungen während des Sommers 1948 ermöglichen leider keine genaue Berechnung der absoluten Bekämpfungskosten für die einzelnen Mittel. Die billigste Bekämpfung blieb die Rohkarbolineummethode. Sie betrug im Durchschnitt etwa 6—10 % des Verkaufswertes von Tannennutzholz.

Wichtig ist die Überprüfung der Äste auf Befall durch die kleineren Arten. Sämtliches Astmaterial, das diesen zeigt, muß schnellstens verbrannt werden.

Sehr zu empfehlen ist das Entrinden der Stöcke, da mehrfach auch in diesen noch Brut gefunden wurde. Außerdem sichert man sich dadurch vor dem Zunehmen der *Hylobius*-Population, deren Gefährlichkeit bei der Wiederaufforstung bekannt ist.

G. Zusammenfassung

a) Die Umweltbedingungen einiger Tannengebiete, in denen *curvidens*-Kalamitäten auftraten, sind kurz dargestellt.

b) Die geographische Verbreitung der drei Arten von *Pityokteines* Fuchs wird zusammenfassend behandelt. Ihre Artunterschiede werden durch Bestimmungstabellen und Abbildungen wiedergegeben.

c) Entwicklung und Generationenfolge wurden eingehend untersucht. Es ergibt sich für *curvidens*:

Normalerweise erscheinen zwei Generationen im Jahr, deren Entwicklungsdauer weitgehend von Witterungseinflüssen abhängig ist und dementsprechend auch örtlich schwankt.

Eine größere Zahl von Nadelholzarten werden zum Brüten angenommen, wobei sich Unterschiede in Fraßbildform und einigen Brutgewohnheiten zeigten.

Die physiologische Wirkung des Fraßes auf die Wirtspflanze macht die Annahme seiner Giftwirkung wahrscheinlich.

Die Schwellenwerte für das Schwärmen, zwischen 11° und 18°, ergaben weitgehende Abhängigkeit von der Intensität der Sonneneinstrahlung. Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit konnte experimentell nicht nachgeprüft werden, doch ist sie auf Grund von Beobachtungen zu vermuten.

Die Larven von *curvidens* zeigen weitgehende Resistenz gegen Austrocknung des umgebenden Mediums. Trockenheitsgrade, die unter Freilandbedingungen kaum erreicht werden können, werden ohne Schaden ertragen.

Die in *curvidens*-Brutgängen festgestellten Mitbewohner — teils Räuber, teils für *curvidens* harmlose Kommensalen, teils Parasiten der Brut — werden in ihrer für den Gradationsablauf untergeordneten ökologischen Bedeutung gewürdigt.

d) Für die beiden kleineren Arten ergab sich:

Die meisten bionomischen und phänologischen Erscheinungen bei ihnen ähneln denen von *curvidens*.

Unterschiede bestehen in der Form der Brutbilder und im Bereich des besiedelten Stammes. Hier sind es Gipfel und Äste, während *curvidens* letztere nur ausnahmsweise befällt.

Die Widerstandsfähigkeit der *spinidens*-Larven gegen Austrocknung des umgebenden Mediums entsprach etwa jener der *curvidens*-Larven. *Vorontzowi* wurde darauf nicht speziell untersucht.

Räuber und Kommensalen aus den Brutgängen der kleineren Arten entsprechen meist jenen von *curvidens*, weniger dagegen die parasitären Mithewohner.

e) Untersuchungen zur Massenvermehrung ergaben eine feste Beziehung zwischen den Veränderungen der osmotischen Werte in der Rinde und dem Angriff der Käfer. Durch Trockenheit geschwächte Tannen zeigten in der Rinde niedrigere osmotische Werte als gesunde Stämme. Sinkt der osmotische Wert, der am gesunden Stamm bei 10 bis 12 Atm. liegt, unter 7—8 Atm., so beginnt der Baum für *curvidens* bruttauglich zu werden. Im Brutbereich von *spinidens* und *vorontzowi* liegen am gesunden Baum die osmotischen Werte über 12 Atm. Der Schwellenwert dieser Arten liegt ungefähr bei 10 Atm.

Die für die Tanne tödliche Grenze bei Absinken der osmotischen Werte in der Rinde liegt um 4 Atm. Der Schwellenwert für Angriffe aller drei *Pityokteines*-Arten ist somit in einem Bereich gelegen, in dem sich der Baum noch erholen könnte.

Die „Kritische Schwächung“ eines Baumes dürfte bei jeder Ipsidenart artspezifisch sein.

Der Vermehrungskoeffizient ergab, daß *curvidens* unter Freilandbedingungen in der Lage ist, die gebotenen Brutmöglichkeiten voll auszunutzen.

Unter den Ursachen einer *curvidens*-Kalamität erwies sich die Witterung auf dem Weg über die Beeinflussung der Disposition der Tanne als entscheidend. Daneben haben noch die beiden kleineren Arten, *P. spinidens* und *P. vorontzowi*, sowie der kleine Tannenborkenkäfer *Cr. piceae* Rtzbg. eine gewisse Bedeutung.

Die vorliegenden Befunde ergeben Möglichkeiten zu Prognosen für größere Gebiete.

f) Die wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung von *curvidens* wird zusammenfassend dargestellt.

Die in den Splint eingebohrten Larven und Puppen von *curvidens*, die den bisherigen Bekämpfungsverfahren größte Schwierigkeiten entgegenstellten, lassen sich durch Spritzen der entrindeten Stämme mit Rohkarbolineum praktisch zu 100 % abtöten. Dies Verfahren hat sich bereits im Großeinsatz bewährt und als wirtschaftlich gut tragbar erwiesen.

Schrifttum

In dieses Verzeichnis wurden nur die speziell für die Arbeit verwendeten Veröffentlichungen aufgenommen. Weitere nicht besonders zitierte Arbeiten sind bei ESCHERICH (9), KLEINE (17) und WALTER (42, 43) zu finden.

1. BARBEY, A., 1925. *Traité d'Entomologie Forestiere*. Paris 1925.
2. BARGMANN, 1897. Altes vom Fichtenborkenkäfer und Neues von den Tannenborkenkäfern. Mit besonderer Berücksichtigung des 1896 Tannenborkenkäferfraßes. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* S. 382 ff., 1897.
3. — — 1897. Ein neuer Tannenborkenkäfer. *L. c.* S. 195 ff., 1897.
4. — — 1898. *Ips (Tomicus) vorontzowi* sp. Jakobs. und *Ips. (Tomicus) heterodon* Wachtl. *L. c.* S. 123 ff., 1898.
5. BAUDISCH, FR., 1905. Über *Bostrichus curvidens* Germ. *Zentralblatt für das gesamte Forstwesen* S. 211, 284, 1905.
6. BRAUN, B., 1941. Der Überwinterungsfraß der Tannenborkenkäfer. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 28, S. 343 ff.
7. BREMER (1920). Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* Bd. 14, S. 254 ff.
8. CECCONI, Q., 1924. *Manuale di Entomologie Forestale*. Padova.
9. ESCHERICH, K., 1923. *Die Forstinsekten Mitteleuropas* Bd. 2. Berlin, Verlag Paul Parey.
10. FAHER, E., 1901. Experimentaluntersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei Abieten. Inauguraldissertation der Universität Bern.
11. FRANZ, J., 1948. Neues zur Bekämpfung des Buchdruckers. *Anzeiger für Schädlingskunde* 21. Jahrg., Heft 1.
12. — — 1948. Ökologische Beobachtungen am Buchdrucker. *Zoologische Jahrbücher* Bd. 77, Heft 6.
13. GEIGER, R., 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn.
14. JUDEICH-NITSCHKE, 1895. *Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde* als 8. Auflage von RATZBURG. Bd. I. Wien, Ed. Hölzl.
15. KANGAS, ESKO, 1934. Über entomologische Analyse und ihre Anwendung. *Akta Forestalis Fennica* 40.
16. KLEINE, R., 1913. Die geographische Verbreitung der Ipidengenera *orbis terrarum* (Col.). *Berliner Entomologische Zeitschrift* LVIII, 113.
17. — — 1939. Die Gesamtliteratur der Borkenkäfer (*Ipides* und *Platypodidae*). Stettin.
18. KRAEMER, G. D., 1948. Borkenkäfer an Douglasie. *Anzeiger für Schädlingskunde* 21. Jahrg., Heft 12.
19. — — (1949). Bruthaumdisposition und Borkenkäferbefall. *Anzeiger für Schädlingskunde* Heft 4, 1949.
20. MEUSEL, H., 1943. *Vergleichende Arealkunde*. Berlin.
21. NÜSSLIN, O., 1913. *Leitfaden der Forstinsektenkunde*. 2. Auflage. Berlin, Verlag Paul Parey.
22. NÜSSLIN-RHUMBLER, 1927. *Forstinsektenkunde*. 4. Auflage. Berlin, Verlag Paul Parey.
23. PÜTTER, A., 1929. Die Auswertung zahlenmäßiger Beobachtungen in der Biologie. Berlin, Walter de Gruyter.
24. RATZBURG, I. T. G., 1837. *Die Forstinsekten*. Berlin, Nicolaische Buchhandlung.
25. — — 1868. *Die Waldverderbnis* Bd. II. Berlin, Nicolaische Buchhandlung.
26. Reichsamt für Wetterdienst, 1939. *Klimakunde des deutschen Reiches*.
27. REITTER, E., 1897. Über die nächsten Verwandten von *Ips (Tomicus) curvidens* Germ. *Wiener Entomologische Zeitung* S. 243 ff., 1897.

28. REITTER, E., 1908—1916. *Fauna Germanica. Die Käfer des deutschen Reiches.* Stuttgart, Verlag K. Lutz.
29. RIEMSCHEIDER (1947). *Zur Kenntnis der Kontaktinsekticide.* 2. Beiheft zu die Pharmazie 1947.
30. SCHEIDTER, F., 1920. Die Lebensweise und Bekämpfung dreier Tannenfeinde, des Weißtannenzüglers, des krummzähligen und des kleinen Tannenzüglers. München.
31. SCHIMITSCHEK, E., 1944. *Die Forstinsekten der Türkei.* Prag, Verlag Volk und Reich.
32. — — 1937. Schlüssel zur Bestimmung der wichtigsten forstlich schädlichen Käfer. Wien, Julius Springer.
33. — — 1941. Zusammenhänge zwischen Kulturmaßnahmen und Schädlingsauftreten. Mitteilungen der Hermann-Göring-Akademie der deutschen Forstwissenschaften 2. Jahrg., Bd. 1, S. 77 ff.
34. — — 1948. Bioklimatische Beobachtungen und Studien bei Borkenkäferauftreten. 2. Teil. Wetter und Leben. Zeitschrift für praktische Bioklimatologie 1948.
35. SCHNEIDER-ORELLI und KUHN, W., 1948. Weitere Untersuchungen in schweizer Borkenkäferherden. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 9/10, 1948.
36. SCHWERDTFEGER, F., 1944. *Die Waldkrankheiten.* Berlin, Verlag Paul Parey¹⁾.
37. v. TUBEUF, 1933. Dispositionsfragen für den Befall der Bäume durch Pilze und Käfer. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Bd. 43, Heft 6, S. 257 ff.
38. UVAROV, B. P., 1931. Insects and climate. Transactions of the Ent. Soc. of London Vol. 79.
39. WACHTEL, F. A., 1895. Die krummzähligen europäischen Borkenkäfer. Mitteilungen des forstlichen Versuchswesens Österreichs.
40. WALTER, H., 1936. Berechnung des osmotischen Wertes. Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft LIV, 5.
41. — — 1939. Die kryoskopische Bestimmung des osmotischen Wertes bei Pflanzen. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden (E. ABDERHALDEN) XI, 4, S. 353 ff.
42. — — 1947. *Die Grundlagen des Pflanzenlebens.* Stuttgart, E. Ulmer.
43. — — 1931. *Die Hydratur der Pflanze.* Jena, Gustav Fischer.
44. WALTER, H. und THREN, R., 1934. Die Berechnung des osmotischen Wertes auf Grund der kryoskopischen Messungen. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik 80, I.
45. WALTER, H. und WEISSMANN, O., 1935. Über die Gefrierpunkte und osmotischen Werte lebender und toter pflanzlicher Gewebe L c 82, 2

¹⁾ Siehe auch Anm. S. 390.

Anhang: Tabellen zu den Infektionsversuchen

Tabelle 3

Infektionsversuche mit *curvidens* an Tanne im Forstamt Schorndorf
(Die Werte sind nach der Formel $W = 12,06 \cdot d$ errechnet)

Nr. des Baumes	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Atm.	Bemerkungen
1	1,5	10,2	9,5	Infektionsversuch negativ, Baum: gesunder Eindruck
2	1,5	10	9,4	Wie Nr. 1
3	1	9,2	9,3	Infektionsversuch mißglückt, Baum: kränkelder Eindruck
4	1,5	—	9,2	Wie Nr. 1
5	1,5	10,3	—	Wie Nr. 1
6	6	13,6	—	In der Sonne liegender Fangbaum, unentastet, Infektionsversuch mißglückt
7	1,5	10,4	9,6	Wie Nr. 1
8	1,5	6,6	6,6	Infektionsversuch positiv, Brutbilder 0,5—1 cm, Eindruck des Baumes: kränkeld
9	1,5	9,5	9,4	Wie Nr. 3
10	4	6,2	—	Windbruch stehender Stumpf, Infektionsversuch positiv
11	10	10,9	9,6	Windbruchstück von Nr. 10, Infektionsversuch negativ
12	1,5	10	—	Wie Nr. 1
13	1,5	8,8	—	Wie Nr. 3, vermutlich von <i>Pissodes</i> befallen
14	1,5	10,3	—	Wie Nr. 1
15	1,5 (Nur Siebr. 15,6)	10,4	10,5	Wie Nr. 1
16	1,5	9,4	9,3	Wie Nr. 3
17	8	6	—	Infektionsversuch geglückt, außerdem nat. Anflug, Fangbaum, entastet im Schatten gelagert
18	1,5	7,3	7,3	Infektionsversuch positiv, Eindruck des Baumes: kränkeld, Gipfel matt
19	1	7,5	7,6	Infektionsversuch geglückt, Eindruck des Baumes: gesund

Nr. des Baumes	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Atm.	Siebröhr.-schicht allein Atm.	Schattennadeln Atm.	Bemerkungen
20a	1	6,4	6,8	5,1		Infektion geglückt, auch natürlicher Anflug
20b	5	5,9	6,4	5,7	16,1	Wie Nr. 20a, Nadeln von einzeln. Klebast, grün
20c	8	7,3	7,1	10		Wie Nr. 20a, die erhöhten Werte werden auf einen noch sehr frischen grünen Quirlast in 9 m Höhe zurückgeführt
20d	10	5,7	6	5,6	18,4	Nur noch natürl. Anflug
20e	12	5,4	5,3	6,7	21,6	Nadeln beginnen sich zu verfärben
20f	13	2,6	—	—		Nadeln rot, Rinde ganz braun, Siebröhrenschicht unkenntlich

Noch Tabelle 3

Nr. des Baumes	Höhe der Probenentnahme m	Rinde ohne Siebröhrenschicht Atm.	Siebröhrenschicht allein Atm.	Schattennadeln Atm.	Bemerkungen
Gipfel bei 36 m					
21 a	1,8	9,9	17,3	21,6	Infektionsversuch negativ
21 b	8	9,9			Kein natürlicher Befall
21 c	18 (Krone beginnt 20 m)	9,7			Erste größere Äste
21 d	24	7,1	10,7	Sonnen- nadeln 28,7 28,8	Natürlicher Befall von <i>curvidens</i>
21 e	26	6,1			Einzelne Klebüste rötlich, natürlicher Befall
21 f	30	6			Wie Nr. 21 e
21 g	34	6,2			Befall von <i>curvidens</i> u. <i>spinidens</i>
21 h	36 (Ast)	9,4			Nadeln matt, Befall v. <i>spinidens</i> , 1 cm Brutbilder

Tabelle 4

Infektionsversuche mit *spinidens* an Tanne im Forstamt Schorndorf
(Umrechnung wie bei Tabelle 1)

Laufende Nr.	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Siebröhrenschicht Atm.	Bemerkungen
1	9,4	9,1	Infektionsversuch geglückt, gesunder Eindruck des Astes
2	9,1	—	Wie Nr. 1
3	—	11,6	Infektionsversuch mißgückt, gesunder Eindruck des Baumes
4	11,8	11,5	Wie Nr. 3
5	16,5	—	Infektionsversuch geglückt, Ast kränkelnd, Nadeln rot, besonnt
6	8,1	—	Infektionsversuch geglückt, Nadeln am Ast matt
7	7,8	—	Wie Nr. 6
8	12,2	—	Infektionsversuch mißgückt, Nadeln frisch, grün
9	11,6	11,1	Infektionsversuch mißgückt, Nadeln frisch, viel Reifungsfraß von <i>Cr. piceae</i> am Ast
10	9,2	9,1	Infektionsversuch geglückt, Nadeln frisch, viel Reifungsfraß von <i>Cr. piceae</i> am Ast
11	9,7	8,8	Infektionsversuch geglückt, Nadeln grün, viel Reifungsfraß von <i>Cr. piceae</i> am Ast
12	16,4	—	Infektionsversuch geglückt, abgebrochener Ast
13	17,9	—	Infektionsversuch geglückt, außer diesem war natürlicher Anflug etwa 3 Wochen alt am Ast
14	13,1	12,8	Infektionsversuch mißgückt, Nadeln grün, aber von Insekten (Maikäfer?) befallen

Tabelle 5

Infektionsversuche mit *curvidens* an Tanne im Forstamt Waldmünchen
(Umrechnung wie bei Tabelle 1)

Nr. des Baumes	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschrift Atm.	Rinde ohne Siebröhrenschrift Atm.	Bemerkungen
1 a	7	9,5	—	Infektionsversuch mißglückt
1 b	9	7,1	—	Natürlicher Anflug von <i>curvidens</i>
2	2	7,7	7,6	Infektionsversuch geglückt, Baum macht gesunden Eindruck, bei Fällung ab 16 m befallen festgestellt
3	1,5	10,2	9,4	Infektionsversuch mißglückt
4	1,5	9,7	—	Wie Nr. 3
5	1,5	9,8	9,2	Wie Nr. 3
6	1,5	7,9	7,7	Infektionsversuch geglückt, Baum macht geschwächten Eindruck
7	1,5	11	10,9	Infektionsversuch mißglückt, Baum in der Krone rot, bei Fällung Befall ab 18 m festgestellt
8	1,5	8,9	8,9	Infektionsversuch mißglückt, Baum war befallen gewesen, die kleinen Brutbilder waren aber in zurückkehrendem Saft abgestorben
9	2	6,6	6,7	Infektionsversuch geglückt, Baum macht kränkelnden Eindruck, schien von <i>Pissodes</i> befallen
11	1,5	—	10,8	Infektionsversuch mißglückt
12 a	1	9,2	9,2	Wie Nr. 11
12 b	3	8,8	—	Wie Nr. 11
12 c	6	7,7	7,8	Infektionsversuch geglückt, in 5 m Höhe hatte der Baum noch eine größere Anzahl grüner Wasserreiser, ab 8 m begannen Nadeln zu verfärben
12 d	13	6,5	6,6	Natürlicher Befall ab 11 m
12 e	18	4,3	—	Rinde ganz braun, dichter Befall, etwa 6 Wochen
12 f	18 Ast (1 m vom Stamm)	9,7	—	Ast absterbend, Befall von <i>vorontxowi</i> , zwischen ein älteres Brutbild von <i>curvidens</i>
12 g	19 (Ast) (1/2 m vom Stamm)	6,5	—	Ast genau nach Norden zeigend, Befall von <i>vorontxowi</i> und mehreren Brutbildern von <i>curvidens</i>
13	2	9,5	9,3	Infektionsversuch mißglückt
14	1,5	9,3	9,3	Wie Nr. 13
15	1,5	8,9	9,1	Wie Nr. 13
16 a	3	10,1	10,4	Fangbaum in der Sonne liegend, Infektionsversuch mißglückt, Unterseite hatte schwachen Befall
16 b	7,5	11,7	—	Infektionsversuch mißglückt
17	2	7,2	—	Infektionsversuch geglückt, Baum war grün und zeigte bei der Fällung nirgends Befall
18 a	3	9,9 (dies. Wert ungenau)	8,6	Infektionsversuch mißglückt
18 b	—	8,9	8,8	Wie Nr. 18 a
19	1,5	9,3	9,2	Wie Nr. 18 a
20 a	1,5	6,6	6,8	Infektionsversuch geglückt, Baum macht kränkelnden Eindruck
20 b	6	6,7	6,8	Natürlicher Befall

Tabelle 6

Infektionsversuche mit *porontzovi* an Tanne im Forstamt Waldmünchen
(Umrechnung der Werte wie bei Tabelle 1)

Laufende Nr.	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Atm.	Bemerkungen
1	18 (Ast)	—	23	Infektionsversuch geglückt, trocknender Ast, Nadeln rot
2	22 "	—	14,6	Wie Nr. 1
3	19 "	—	18,8	Wie Nr. 1
4	24 "	—	9,6	Infektionsversuch geglückt, Ast grün und frisch
5	24 "	—	9,1	Infektionsversuch geglückt, Ast grün, viel Überwinterungsfraß von <i>Cr. piceae</i>
6	28 "	12,6	11,9	Infektionsversuch mißglückt, Ast grün
7	28 "	13,1	12,0	Wie Nr. 6
8	25 "	10,1	10,3	Infektionsversuch geglückt, Ast grün
9	25 "	—	7,2	Wie Nr. 8
10	16	24,6	—	Infektionsversuch geglückt, Ast trocknend, Nadeln blaßgrün
11	18	7,7	—	Stamm, Nadeln verfärbt, Äste befallen, Infektionsversuch geglückt
12	12	11,9	11,6	Infektionsversuch mißglückt, Ast grün
13	17	13,5	12,8	Wie Nr. 12
14	32	27,8	—	Infektionsversuch mißglückt, Ast trocken, Nadeln rot. Die Käfer bohrten sich zwar etwas ein, doch waren nach 10 Tagen noch keine sicheren Brutbilder zu finden
15	9	11,7	—	Infektionsversuch mißglückt, Ast grün
16	10	7,6	—	Infektionsversuch geglückt, Ast grün
17	1,5	6,6	6,8	Infektionsversuch geglückt, Käfer wurden zusammen mit <i>curvidens</i> (Nr. 20) am Stamm angesetzt
18	15	30,6	—	Infektionsversuch mißglückt, Ast trocken, Nadeln rot
19	13	8,5	—	Infektionsversuch geglückt, Ast grün

Tabelle 7

Infektionsversuche mit *curvidens* an Fichte im Forstamt Schorndorf
(Berechnung der Werte wie Tabelle 1)

Laufende Nr.		Höhe der Probenentnahme m	Atm.	Bemerkungen
1	Von <i>I. typographus</i> angenommener Fangbaum. .	4	7,5	Infektionsversuch mißglückt
2	Von <i>I. typographus</i> natürlich befallener Baum. .	2	6,1	Wie Nr. 1
3	Gesunder Baum	1,5	11,4	Käfer im Harz erstickt
4	Windbruch	1,5	6,8	Infektionsversuch mißglückt, Harzfluß

Tabelle 8

Freilandanflug von *curvidens* an Tanne

Die Nummern 1—7 sind in Schorndorf, die Nummern 8—12 in Waldmünchen gesammelt (Berechnung der Werte wie Tabelle 1)

Nr. des Baumes	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Atm.	Bemerkungen
1	12	—	7,4	Unterer Rand des Befalls, Gipfel matt
2a	1	—	7,9	Käfer bohren gerade ein
2b	5	—	6,6	Brutbilder etwa 1—1,5 cm groß
2c	9 (Kronenans.)	—	9,2	Kein Befall
2d	14	—	7,3	Brutbilder etwa 2 cm groß
2e	20	—	5,1	Große Brutbilder
3	1	—	6,2	Käfer bohren gerade ein
4	2	—	5,4	Brutbilder etwa 2—3 cm
5a	1,5	—	7,5	Winzige Brutbilder bis 1 cm
5b	6	—	6,2	Brutbilder etwa 1—2 cm
6	2	6,3	5,8	Käfer bohren gerade ein
7a	1	8	7,2	Käfer versuchen einzubohren, laufen in Anzahl auf der Rinde umher
7b	5	7,5	6,8	Käfer eingebohrt, Brutbilder bis 1 cm groß
8a	16 (Astwurz.)	8,3	8,1	Winziges Brutbild zwischen Befall von <i>vorontzowi</i>
8b	2	7,4	—	Brutbilder klein, 1—2 cm
9	1	5,8	—	Große Brutbilder
10a	23	7,5	7,6	Käfer greifen gerade an, Brutbilder bis 0,5 cm. Es ist dies der erste Befall am Stamm
10b	16	10,2	9,8	Kein Befall
10c	28	11,1	10,3	Wie Nr. 10b
10d	21	8,2	8,1	Befall?, einzelne Käfer versuchen einzubohren
10e	26	9,4	8,7	Wie Nr. 10d
11	21 (Astwurz)	—	8,1	Brutbilder 0,5—1 cm
12	2	7,1	7,2	Brutbilder 1—1,5 cm

Tabelle 9

Freilandanflug von *spindens* an Tanne

Gesammelt im Forstamt Schorndorf, Nr. 10, 11 Hochkaltergebiet (900 m) bei Berchtesgaden

Laufende Nr	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm.	Rinde ohne Atm.	Bemerkungen
1	18	10,1	9,8	Käfer bohrten gerade ein
2a	16 (Astwurz)	—	12,4	Kein Befall
2b	16 (Ast)	—	8,7	Kleine Brutbilder von etwa 1 cm
	(1,2 m vom Stamm)			
3	9 (Ast)	—	7,6	Brutbilder groß, 2—3 cm
	(Schatten)			
4	12 (Ast)	—	9,5	Brutbilder 0,5—1 cm
5	7	—	9,2	Brutbilder 1 cm
6	18 "	—	18,9	Brutbilder groß, 3—4 cm
7a	19 (Stamm)	—	9,4	Brutbilder groß, 5—7 cm
7b	19 (Ast)	—	22,7	Brutbilder groß, 4—5 cm
8	3 (Jungw.)	—	17,3	Pflanze fast ganz rot, Brutbilder 3—4 cm
9	11 (Ast)	7,7	7,8	Brutbilder 1 cm
10	14 "	18,9	—	Brutbilder 2 cm
11	8 (Stamm)	19,5	—	Brutbilder etwa 3—4 cm, an jüngerer Pflanze

Tabelle 10

Freilandanflug von *vorontzowi* an Tanne
Gesammelt im Forstamt Waldmünchen. (Berechnung der Werte wie Tabelle 1)

Laufende Nr.	Höhe der Probenentnahme m	Rinde mit Siebröhrenschicht Atm	Rinde ohne Siebröhrenschicht Atm	Bemerkungen
1	18 (Ast)	—	8,8	Käfer haben winzige Brutbilder angelegt
2	11 "	9,3	9,4	Brutbilder etwa 0,5 cm groß
3	6 (Stamm)	7,8	7,7	Brutbilder klein, etwa 1 cm. Der Baum, 40jähr., war von <i>Pissodes</i> befallen
4	17 (Ast)	16,9	—	Käfer haben größere Brutbilder angelegt
5	18 "	9,6	—	Wie Nr 4. Dieser Ast war gegenüber dem vorgehen, aber im Schatten
6	23 (Stamm)	6,7	—	Brutbilder etwa 3 cm groß
7	21 (Ast)	13,6	—	Große Brutbilder, Ast trocken, Nadeln rot
8	16 "	8,2	8,5	Brutbilder klein, etwa 1 cm. Der Ast war 1 m vom Stamm abgebrochen, der stehende Stumpf wurde von den Käfern besiedelt
9	26 "	26,1	—	Größere Brutbilder
10a	13 "	9,4	9,8	Die Käfer bohrten gerade ein, winzige Brutbilder. Der Ast war frisch und grün
10b	13 " (1,3 m vom Stamm)	—	10,8	Hier waren keine Angriffsversuche mehr zu erkennen
11	19 (Ast)	11,7	11,9	Brutbilder etwa 2 cm groß, Nadeln matt und verfärbt
12	13 "	16,2	—	Größere Brutbilder, etwa 2—3 cm

Über die Steigerung der Initialtoxizität und Dauerwirkung des β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthans (p, p'-DDT-Wirkstoff)*)

Von

R. RIEMSCHEIDER

Mit 1 Abbildung

Durch Kombination des p, p'-DDT-Wirkstoffes mit anderen Halogenkohlenwasserstoffen der DDT- und OET-Gruppe sowie durch gleichzeitige Anwendung des p, p'-DDT-Wirkstoffes mit halogenierten Phenolen lassen sich Initialtoxizität und zum Teil auch Rückstandswirkung des p, p'-DDT-Wirkstoffes erhöhen, wie aus Laboratoriumsversuchen hervorgeht, die unter Verwendung von *Melophagus ovinus* L. (Schaflausfliege), *Drosophila melanogaster* M. (Taufliege) und *Calandra granaria* L. (Kornkäfer) als Testtier angestellt worden sind.

I. Kombination des p, p'-DDT-Wirkstoffes mit schwach und stark wirkenden Verbindungen der DDT-, HCH- und OET-Gruppe

Bei der Prüfung von Kontakt-Insektiziden der Halogenkohlenwasserstoffklasse auf synergische Wirkung¹⁾ wurden unter verschiedenen Bedingungen Gemische stark und schwach wirksamer Verbindungen der DDT-, HCH- und OET-Gruppe²⁾ hergestellt und nach Abscheidung in feinverteilter Form auf Kieselgur und Mischen mit Talkum als Stäubemittel auf kontakt-insektizide Wirksamkeit geprüft³⁾. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß Stäubemittel, die Wirkstoffmischungen enthielten, welche durch Schmelzen des p, p'-DDT-Wirkstoffes mit β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-fluor-phenyl]-äthan (p, p'-DFDT-Wirkstoff),

*) Die vorliegende Arbeit wurde im April 1948 als Manuskript vervielfältigt und verteilt. Vgl. auch Mitt. Physiolog.-chem. Inst., Berlin R 15, 8 Seiten, April 1948, sowie im 9. Beiheft zur „Pharmazie“ 1949, S. 701—705, 677 usw.

¹⁾ R. RIEMSCHEIDER, 2. Beiheft zur „Pharmazie“ 1947, S. 94. Man spricht von einer synergischen Wirkung, wenn die Wirksamkeit eines Gemisches verschiedener Insektizide¹ oder eines Insektizids mit anderen nicht insektiziden Stoffen größer ist als die Summe der Wirksamkeit der einzelnen Komponenten (F. M. WADLEY, U. S. Dept. Agr., Bur. Entomol. Plant Quarantine, ET-233 [1945]).

²⁾ Zur OET-Gruppe gehören die Wirkstoffe M 410, M 414, M 344 u. a. Vgl. auch „M 410 als Kontaktinsektizid der Halogenkohlenwasserstoffklasse“, Mitt. Physiolog.-chem. Inst., Berlin R 12, 11 S., Dezember 1947.

³⁾ Testverfahren: 2. Beiheft zur „Pharmazie“ 1947, S. 111—119. Zur Abscheidung der Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgemische auf einem gut absorbierenden Träger verwendeten wir ein anderes Verfahren als früher.

β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthyl-phenyl]-äthan,
 β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[3, 4-fluor-methyl-phenyl]-äthan,
 Oktachlor-4,7-endomethylen-tetrahydrohydrindenen (M 410-Wirkstoff),
 sowie den technischen Wirkstoffen DFDT, M 410, M 414 (Oktachlor-
 endomethylen-trimethylcyclohexane) und anderen in bestimmten Mengen-
 verhältnissen hergestellt worden waren, zum Teil eine größere Initial-
 toxizität (Tabelle 1) und zum Teil auch größere Rückstandswirkung
 (Tabelle 2) besitzen als solche, die mehrfach umkristallisierten
 p, p' -DDT-Wirkstoff enthielten. Da die durch Schmelzen bestimmter
 Mengen einiger der genannten DDT- und OET-Stoffe mit dem β, β, β -
 β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan hergestellten Gemische nach
 dem Abkühlen nicht mehr kristallin erstarren und die zur Kombi-
 nation verwendeten Halogenkohlenwasserstoffgemische, welche die
 Wirksamkeit des p, p' -Isomeren in der genannten Richtung beein-
 flussen, im Gegensatz zum p, p' -DDT-Wirkstoff ebenfalls nur schwer
 oder gar nicht zur Kristallisation zu bringen sind, dürfte die hier beob-
 achtete Steigerung der Kontaktgiftwirkung und Verlängerung der
 Wirkungsdauer vor allem darauf zurückzuführen sein, daß die zum
 p, p' -DDT-Wirkstoff hinzugesetzten DDT- und OET-Körper die
 Kristallisation des DDT-Wirkstoffes verzögern oder ganz aufheben,
 also seine physikalische Zustandsform so beeinflussen, daß der in
 feinster Verteilung auf Talkum abgeschiedene Giftstoff vom Insekt
 leichter und schneller durch Kontakt aufgenommen werden kann und
 die Oberflächenaktivität des Präparates längere Zeit anhält¹⁾. Für die
 Erklärung, daß vor allem eine Veränderung der physikalischen Zu-
 standsform des Kontakt-Insektizids und weniger eine durch die hinzu-
 gesetzten Halogenkohlenwasserstoffe beim Insekt ausgelöste Reaktion
 die Ursache für den hier beschriebenen Effekt ist, spricht z. B. die
 Tatsache, daß die Aktivitätssteigerung vom Mischungsverhältnis der
 Komponenten abhängt. Die Abhängigkeit der Schmelzpunktniedrig-
 ung vom Mischungsverhältnis wurde für einige Wirkstoffgemische
 ermittelt. Der scharfe Knick der Kurven beim Übergang „fest“ zu
 „flüssig“ ist belegt.

Die zuweilen beobachtete größere Aktivität von Stäubemitteln,
 welche nicht reines kristallisiertes β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-
 phenyl]-äthan, sondern technisches DDT als Wirkstoff enthalten,
 dürfte auf eine ähnliche Weise zustande kommen: Durch die im tech-
 nischen Produkt vorhandenen Nebenprodukte kann die Zustandsform
 des DDT-Wirkstoffes in der angedeuteten Richtung beeinflusst werden;
 technisches DDT schmilzt in einem Temperaturintervall und ist im
 allgemeinen „wachsartig, plastisch“. Da aber die Zusammensetzung

¹⁾ Die größere Initialtoxizität von Gemischen aus p, p' -DDT- und p, p' -DFDT-
 Wirkstoff bzw. technischem DFDT wird allerdings auch dadurch verständlich, daß
 der p, p' -DFDT-Wirkstoff allein schon in vielen Fällen wirksamer ist als die ent-
 sprechende Chlorverbindung (Ztschr. Naturforsch. 1947, 2b, 245; 2. Beiheft zur
 „Pharmazie“ 1947, S. 93, 138, 157, 161 und Chem. Zbl. 1947, 1404 und 1948 II, 531).

technischer DDT-Produkte verschiedener Herstellungschargen starken Schwankungen unterliegt, dürfte die Voraussetzung für die Abscheidung eines nicht oder nur langsam kristallisierenden Wirkstoffes nicht immer gegeben sein. Die von einigen Autoren¹⁾ angeführte Erklärung, daß eines oder einige der im technischen DDT vorhandenen Nebenprodukte darum die Aktivitätserhöhung bewirken, weil sie wirksamer als das p, p'-Isomere sind bzw. diesem an Wirkung gleichkommen, erscheint wenig einleuchtend, wenn man berücksichtigt, daß die Zusammensetzung des technischen DDT bereits sehr eingehend untersucht worden ist und die bisher aufgefundenen sehr wirksamen Nebenprodukte (m, p'-DDT-Wirkstoff, β , β , β -Trichlor- α -chlor- α -[4-chlor-phenyl]-äthan u. a.) nur in außerordentlich geringer Menge darin vorkommen²⁾. Durch Versuche mit entsprechenden Modellgemischen konnten wir dies bestätigen. Zum Beispiel verursachte ein Zusatz der oben genannten wirksamen Nebenprodukte des technischen DDT zum p, p-DDT-Wirkstoff in Mengen bis zu 0,5 % (getestet als 5prozent. Stäubemittel) keine Wirkungssteigerung. Daß die Aktivität des β , β , β -Trichlor- α , α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthans und anderer kontakt-insektizider Substanzen außerordentlich von ihrer physikalischen Zustandsform und ihrem Dispersionsgrad abhängt, geht z. B. auch aus folgendem interessanten Versuch hervor: Bettwanzen, *Cimex lectularius* L., die gegen DDT-Präparate zwar ziemlich resistent sind, sich jedoch mit einem 10—15prozent. DDT-Stäubemittel durchaus erfolgreich bekämpfen lassen, können mehr als 5 Tage auf reinstem kristallisiertem β , β , β -Trichlor- α , α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan vom Schmelzpunkt 107,5—108,2° C³⁾ laufen, ohne daß sie in dieser Zeit bis zur Fortbewegungsunfähigkeit gelähmt werden⁴⁾. Der Wirkstoff ist zur Wanzenbekämpfung nur in feinsten Verteilung brauchbar. Das Maximum der Aktivität eines DDT-Stäubemittels wird jedoch, wie die hier beschriebenen Versuche ergeben haben, erst erreicht, wenn die „Kristallisationstendenz“ des Wirkstoffes durch geeignete Zusätze weitgehend herabgesetzt ist. Es ergibt sich also, daß eine verhältnismäßig einfache „physikalische Abwandlung“ des DDT-Moleküls zu einer Aktivitätssteigerung und auch Verlängerung der Wirkungsdauer führt, die durch alleinige „chemische Abwandlung“ des DDT-Moleküls bisher nicht erreicht worden ist. Unter den 300 DDT-

¹⁾ G. A. HUNOLD u. E. DÖRING, Pharmaz. 1948, 3, 109.

²⁾ H. L. HALLER u. Mitarb., J. Amer. chem. Soc. 1945, 67, 1591.

³⁾ Große Kristalle lassen sich durch sehr langsames Abkühlen alkoholischer oder paraffinischer p, p'-DDT-Wirkstoff-Lösungen erhalten.

⁴⁾ Nachtrag bei der Korrektur: Einen ähnlichen Versuch hat inzwischen LIETZ beschrieben (Pharmaz. 1948, 3, 390). Der genannte Autor geht in seinem Übersichtsbericht auch auf die physikalische Zustandsform des DDT ein, macht jedoch keine Angaben über die gewählten Versuchsbedingungen, die Größe der beobachteten Wirkungssteigerung sowie die für die eigenen Versuche verwendeten Stoffe.

Körpern, die bis Anfang 1948 in den verschiedenen Ländern synthetisiert und auf Wirkung geprüft worden sind, konnte bisher keine Halogenverbindung der Diarylalkanklasse gefunden werden, die dem DDT-Wirkstoff in jeder Weise überlegen ist. Zwar zeigt der DFDT-Wirkstoff gegen viele Insekten eine größere Initialtoxizität und höhere Wirksamkeit, vermag jedoch hinsichtlich Zugänglichkeit, Wirtschaftlichkeit und zum Teil Stabilität nicht ganz mit dem DDT zu konkurrieren. Für Spezialzwecke aber dürfte die Einführung und Anwendung von *DFDT-Mitteln* durchaus von Interesse sein; man wird sie vor allem zur Vernichtung hygienischer Schädlinge heranziehen, z. B. wenn es darauf ankommt, *Präparate mit hoher Initialtoxizität und nicht allzu großer Rückstandswirkung* zur Verfügung zu haben.

Während die Steigerung der Initialtoxizität des DDT-Wirkstoffes wohl vor allem durch die Veränderung seiner physikalischen Zustandsform hervorgerufen wird, dürfte für die Verlängerung der Dauerwirkung des DDT-Wirkstoffes außerdem noch die Inhibitorwirkung der Zusätze verantwortlich zu machen sein. Es ist z. B. seit 1944 bekannt¹⁾, daß das reine β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan unter dem katalytischen Einfluß geringer Mengen (0,01—0,02 %) von wasserfreiem Eisen-(III)chlorid, Aluminiumchlorid und anderen Metallverbindungen leicht Chlorwasserstoff abspaltet und dabei in praktisch unwirksame Verbindungen übergeht, während technisches DDT, welches vom Herstellungsprozeß her im allgemeinen immer geringe Mengen von Metallchloriden enthält, weniger leicht zersetzlich ist, weil Nebenprodukte darin vorkommen, welche die Chlorwasserstoffabspaltung zu inhibieren vermögen²⁾. Es liegt infolgedessen die Annahme nahe, daß auch bei den eigenen Untersuchungen, die mit dem DDT-Wirkstoff kombinierten Verbindungen, ähnlich wie die Nebenprodukte des technischen DDT Reaktionen wie β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan $\longrightarrow \beta, \beta$ -Dichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthylen

¹⁾ E. E. FLECK u. H. L. HALLER, J. Amer. chem. Soc. 1944, **66**, 2095. Ähnliche Beobachtungen wurden inzwischen auch beim DFDT-Wirkstoff gemacht. Wie mir Herr Prof. Dr. Gg. R. SCHULTZE, Hannover, mitteilte, konnte er qualitativ an wässrigen DFDT-Emulsionen ein rasches Absinken der Wirksamkeit innerhalb von wenigen Tagen beobachten, wenn diese Emulsionen in Zerstäubern aus Eisenblech (Flitspritzen) der katalytisch zersetzenden Einwirkung des Rostes ausgesetzt waren. Die Emulsionen wurden schnell salzsauer. Wässrige Emulsionen, die in braunen Flaschen 6 Monate bei Gegenwart von Luft am Licht gestanden hatten, zeigten demgegenüber kein Absinken ihrer Wirksamkeit. Herr Prof. SCHULTZE hält es für möglich, daß der verschiedenartige Wirkungsabfall des DFDT an den Wänden ummauerter Räume auf den verschiedenen Gehalt des Mauerwerkes an katalytisch wirksamem Eisen zurückzuführen ist.

²⁾ E. E. FLECK u. H. L. HALLER, J. Amer. chem. Soc. 1946, **68**, 142. Inhibitorwirkung in genanntem Sinne ist nachgewiesen worden für Fette, Fettsäuren, Alkohole, viele organische Lösungsmittel und Öle. Ausgenommen sind Äthylendichlorid, o-Dichlorbenzol, Nitrobenzol u. a. Wasser wirkt durch Hydratisierung der wasserfreien Metallchloride ebenfalls einer katalysierten Chlorwasserstoffspaltung entgegen.

inhibieren und darum ebenfalls die Dauerwirkung der DDT-Präparate erhöhen *).

Wie die in Tabelle 1 und 2 angeführten Zahlenwerte erkennen lassen, liegen Abnahme der Wirksamkeit mit der Zeit sowie Steigerung der Initialtoxizität des DDT-Wirkstoffes beim Zusatz einiger Halogenkohlenwasserstoffe zum Teil durchaus in der Größenordnung, die an eine praktische Ausnutzung dieses Effektes denken läßt, zumal weitere Untersuchungen in dieser Richtung bereits gezeigt haben, daß noch andere, in dieser Arbeit nicht genannte, leicht zugängliche DDT-Derivate die Aktivität des DDT-Wirkstoffes sowie auch des technischen DDT zu steigern vermögen. Als eine Anwendung dieses Effektes kann bereits die in der Industrie allein schon aus wirtschaftlichen Gründen

Tabelle 1

Steigerung der Initialtoxizität des p, p'-DDT-Wirkstoffes durch Kombination mit anderen Halogenkohlenwasserstoffen (Testtier: Schaflausfliege, *Melophagus ovinus* L.)

Lfd. Nr.	Getestet wurden Stäubemittel, die 5 % folgender Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgemische enthielten	Prozent Rücken- bzw. Seitenlage der Tiere nach Minuten ^{*)}	
		50 % Minuten	80 % Minuten
Wirkstoffe:			
1	p, p'-DDT-Wirkstoff (β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan ¹⁾)	35	52
2	technisches DDT ²⁾	33	50
3	p, p'-DFDT-Wirkstoff (β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-fluor-phenyl]-äthan ³⁾)	< 15	< 15
4	β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthyl-phenyl]-äthan ⁴⁾)	95	134
5	β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[3,4-fluor-methyl-phenyl]-äthan ⁵⁾)	58	103
6	β, γ, γ -Trichlor- α, α -bis-[2,4-dimethyl]-phenyl- β -propylen ⁶⁾)	500	> 730
7	M 410-Wirkstoff (Oktachlor-4,7-endomethylen-tetrahydrohydrindene) ⁷⁾)	38	54
Wirkstoffgemische:			
8	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾) + β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-fluor-phenyl]-äthan ³⁾) + β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthyl-phenyl]-äthan ⁴⁾)	19	36
9	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾) + β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[3,4-fluor-methyl-phenyl]-äthan ⁵⁾) + techn. M 414	18	41
10	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾) + β, γ, γ -Trichlor- α, α -bis-[2,4-dimethyl-phenyl]- β -propylen ⁶⁾)	36	54
11	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾) + β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthyl-phenyl]-äthan ⁴⁾) + techn. M 414 ⁸⁾)	23	40
12	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾) + M 410-Wirkstoff ⁷⁾) + β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[3,4-fluor-methyl-phenyl]-äthan ⁵⁾)	29	48

*) In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Wirkstoffe β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthoxy-phenyl]-äthan und β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-methoxy-phenyl]-äthan (p, p'-Dimethoxy-DT) weniger leicht Chlorwasserstoff abspalten als β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan und β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-fluor-phenyl]-äthan, hinsichtlich Stabilität also dem p, p'-DDT- und DFDT-Wirkstoff überlegen sind; sie erreichen jedoch nicht die Wirkungsbreite und Wirkungsstärke der beiden Hauptvertreter der DDT-Klasse (Pharmaz. Zentralhalle 1948, 67, 132).

Tabelle 2

Steigerung der Rückstandswirkung des p, p'-DDT-Wirkstoffes durch Kombination mit anderen Halogenkohlenwasserstoffen (Testtier: *Drosophila melanogaster* M.)

Lfd. Nr.	Getestet wurden Stäubemittel, die 3,0% Wirkstoff bzw. Wirkstoffgemisch enthielten	80% Rücken- bzw. Seitenlage der Testtiere nach Minuten ¹⁰⁾				
		nach 0 Wochen Minuten	nach 7 Wochen Minuten	nach 14 Wochen Minuten	nach 21 Wochen Minuten	nach 35 Wochen Minuten
1	p, p'-DDT-Wirkstoff ¹⁾	35	39	39	41	53
2	p, p'-DDT-Wirkstoff + β , β , Trichlor- α , α -bis-[4-äthylphenyl]-äthan ⁴⁾	27	28	31	35	44
3	p, p'-DDT-Wirkstoff + β , β , Trichlor- α , α -bis-[3,4-fluormethylphenyl] äthan ⁵⁾	25	27	34	29	39
4	p, p'-DDT-Wirkstoff + technisches M 410 + technisches M 414 ⁶⁾	27	30	31	34	40

Erläuterungen zu Tabelle 1 u. 2:

¹⁾ Schmelzpunkt: 105° C.

⁵⁾ Schmelzpunkt: 57–59° C.

²⁾ Erstarrungspunkt: 87–88° C.

⁶⁾ Siedepunkt: 0,1 mm: 177–182° C.

³⁾ Schmelzpunkt: 43,5–44,5° C.

⁷⁾ Siedepunkt: 1 mm: 165–170° C.

⁴⁾ Siedepunkt: 0,5 mm: 175–179° C.

⁸⁾ Schmelzpunkt: 63–84° C.

⁹⁾ Die Zahlenwerte sind das Mittel von je 6 Bestimmungen mit je 50 Testtieren (Streuung $\pm 30\%$). Um die für diese Versuche notwendige Anzahl von 3600 Schaf-
fliegen ungefähr gleichen Entwicklungszustandes aussuchen zu können, mußte von einer
Schafherde das 4–5 fache, also etwa 15 000 Lausfliegen abgelesen werden. Das angewandte
Prüfverfahren ist im Beiheft der „Pharmazie“ 1947, S. 111–119 beschrieben.

¹⁰⁾ Die Zahlenwerte sind das Mittel von je 5 Versuchen mit je 25 Testtieren.

¹¹⁾ Einige der unter diesen Bedingungen getesteten techn. DDT-Proben zeigten geringere
Wirksamkeit als unser p, p'-DDT.

übliche Verarbeitung von technischem DDT an Stelle des umkristallisierten reinen Wirkstoffes betrachtet werden.

Die hier über die Beziehungen von physikalischer Zustandsform und Aktivität von Kontakt-Insektiziden mitgeteilten Ergebnisse sind jedoch nicht nur für die Anwendungs- und Herstellungstechnik von DDT-Präparaten, sondern vor allem auch für die Untersuchungen über Konstitution und Wirkung von Kontakt-Insektiziden von Bedeutung, wo es sich u. a. darum handelt, kristallisierte und nicht kristallisierte chemisch nahe verwandte Verbindungen mit nicht allzu verschiedenen physikalischen Eigenschaften zu vergleichen; sie zeigen deutlich, wie unbedingt notwendig es ist, für derartige Untersuchungen reinste Substanzen genau definierter Zusammensetzung zu verwenden, die durch Abscheidung auf Talkum oder auch Filtrierpapier (Verwendung ein und derselben Talkum- bzw. Filtersorte) oder durch Emulgierung in eine möglichst ähnliche physikalische Zustandsform gebracht worden sind¹⁾. Die Herstellung von Wirkstofffilmen, z. B. Abdampfungsrück-

¹⁾ Einzelheiten über ein Prüfverfahren, in welchem den hier genannten Faktoren Rechnung zu tragen versucht worden ist, im 2. Beiheft zur „Pharmazie“ 1947, S. 111–119. Über eine Weiterentwicklung der dort beschriebenen Kontaktgift-Testapparatur wird an anderer Stelle berichtet werden.

ständen von Aceton-Wirkstoff-Lösungen (Petrischalen-Filmtest) ist für derartige Testversuche nicht in allen Fällen geeignet, da ein und derselbe Wirkstoff sehr verschieden kristallisieren kann. Zum Beispiel zeigten Filme, die aus gleich starken Lösungen des DDT-Wirkstoffes in verschiedenen Lösungsmitteln hergestellt worden waren, gegen *Drosophila melanogaster* M. zum Teil erhebliche Wirkungsunterschiede (Tabelle 3, lfd. Nr. 1—4)¹⁾. Bei Verwendung präparierter Filter (Petrischalen-Filtertest) waren die Unterschiede weniger groß (Tabelle 3, lfd. Nr. 5—8).

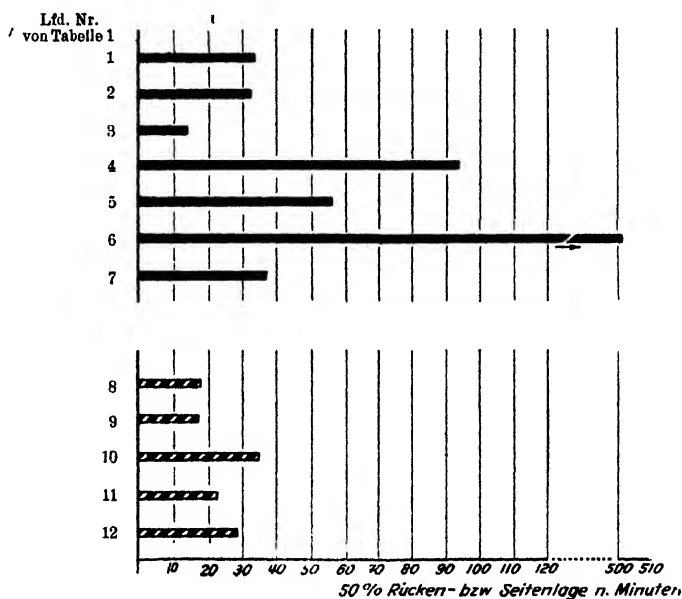


Abb. 1

Die Ergebnisse einiger Test- und Dauerversuche, die physikalischen Daten der verwandten Halogenkohlenwasserstoffe sowie die Angaben über Mengenverhältnisse, Prüfmethodik usw. entnehme man den Tabellen 1, 2 und 3. Die Erläuterungen 1—11 beziehen sich auf die Tabellen 1 und 2. Die 50%-Werte der Tabelle 1 sind in Abb. 1 graphisch dargestellt.

¹⁾ Die exakte Giftwertsbestimmung der gut kristallisierenden fünf Hexachlorcyclohexan-Isomeren mit Hilfe der Petrischalen-Filmtest-Methode bereitete uns zunächst Schwierigkeiten. Um für die Isomeren α , γ und δ reproduzierbare Werte zu bekommen, war es notwendig, die Herstellung der Wirkstofffilme bei ein und derselben Temperatur vorzunehmen, die Zeit zwischen Eingießen der Aceton- bzw. Chloroformlösungen und Einbringen der Testtiere konstant zu halten, die Wirkstofffilme sowohl vor als auch während des Versuches bei einer Temperatur aufzubewahren und Erschütterungen zu vermeiden.

Tabelle 3

Die Wirksamkeit des p, p'-DDT-Wirkstoffes nach Abscheidung aus verschiedenen Lösungsmitteln (Testtier: *Drosophila melanogaster* M.)

Lfd. Nr.	Petrischalen-Filmtest Abdampfungsrückstand von 1,2 mg p, p'-DDT-Wirkstoff aus den Lösungsmitteln	Prozent Rücken- bzw. Seitenlage der Testtiere nach Minuten	
		40 % Minuten	80 % Minuten
1	Aceton	29	47
2	Äthylalkohol	47	62
3	Äthyläther	33	58
4	Leichtbenzin	39	47

Lfd. Nr.	Petrischalen-Filtertest Filter präpariert durch Tränken mit einer 0,2 prozent. Lösung des p, p'-DDT-Wirkstoffes in den Lösungsmitteln	Prozent Rücken- bzw. Seitenlage der Testtiere nach Minuten	
		50 % Minuten	60 % Minuten
5	Aceton	135	160
6	Äthylalkohol	145	175
7	Äthyläther	140	160
8	Leichtbenzin	145	160

II. Kombination des p, p'-DDT- und des M 410-Wirkstoffes mit halogenierten Phenolen

Die Initialtoxizität eines Kontakt-Insektizids wird von einer großen Anzahl von Faktoren bestimmt. Sie wird im allgemeinen um so größer sein, je intensiver der Kontakt zwischen Insekt und Giftstoff ist, wobei berücksichtigt werden muß, daß einzelne Stellen des Insektenkörpers durch besondere Empfindlichkeit ausgezeichnet sind. Zum Beispiel wirkt bei einer Schaflausfliege, *Melophagus ovinus* L., welcher eine p, p'-DDT-wirkstoffhaltige Vaseline auf verschiedene Körperstellen appliziert wurde, das Kontaktgift am schnellsten über die Gelenkhäute¹⁾. Stabheuschrecken, *Carausius morosus* L., sind gegen β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan und Oktachlor-endomethylen-tetrahydrohydrindene besonders an der Abdomen-Thorax-Gelenkung empfindlich²⁾.

Zur experimentellen Prüfung der Frage, inwieweit sich durch eine Erhöhung der Intensität des Kontaktes zwischen Insekt und Insektizid die Initialtoxizität der Wirkstoffe DDT und M 410 steigern läßt, wurden im Petrischalen-Filtertest Kornkäfer, *Calandra granaria* L., unter verschiedenen Bedingungen, und zwar:

Stehen der Schalen im Dunkeln,

Stehen der Schalen im Hellen (normaler Test),

Bewegung der Schalen,

Steigerung der Bewegung der Kornkäfer durch

Anwendung eines Reizmittels,

¹⁾ 2. Beiheft zur „Pharmazie“ 1947, 112 und 154.

²⁾ Dtsch. Ges. Wes. 1947, 2, 58.

mit den Wirkstoffen p,p'-DDT und M 410 zusammengebracht. Dabei zeigte sich, daß die Initialtoxizität der geprüften Wirkstoffe in der angegebenen Reihenfolge ansteigt (Tabelle 4). Als Reizmittel wurden halogenierte Phenole (Chlorkresole und Fluorxylenole) in Konzentrationen von < 0,2 mg je Schale verwendet, so daß die Kornkäfer zwar erregt, jedoch nicht geschädigt wurden (Blindversuche).

Tabelle 4

Steigerung der Initialtoxizität des p,p'-DDT- und M 410-Wirkstoffes durch gleichzeitige Anwendung von Reizmitteln (Testtier: Kornkäfer, *Calandra granaria* L.)

Petrischalen-Filtertest	Filter präpariert durch Tränken mit einer 10prozent, Acetonlösung der Wirkstoffe			
	p,p'-DDT		M 410	
	Prozentuale Fortbewegungsfähigkeit nach Stunden ¹⁾		Prozentuale Fortbewegungsfähigkeit nach Stunden ¹⁾	
Behandlung der Schalen	50 %	60 %	50 %	70 %
Stehen der Schalen im Dunkeln	30	34	7,0	8,2
Stehen der Schalen im Hellen (normaler Test)	28,5	31	5,8	6,4
Bewegung der Schalen im Hellen	27	30	5,5	6,2
Stehen der Schalen im Hellen bei gleichzeitiger Anwendung von Reizmitteln	27	28	5,2	5,5

Im Gegensatz zu den im Abschnitt I berichteten Versuchsergebnissen dürfte den vorliegenden Untersuchungen vor allem nur akademisches Interesse zukommen, da die durch Anwendung eines Reizmittels hervorgerufene Aktivitätssteigerung nur 10—15 % (bezogen auf den normalen Test) beträgt.

Bei Durchführung dieser Versuche wurde ich in dankenswerter Weise von Frl. C. WINTER, W. GERISCHER u. M. BÖTTGER unterstützt. Sämtliche in dieser Arbeit genannten Halogenkohlenwasserstoffe sind in unserem Institut hergestellt worden.

Zusammenfassung

Bei der Prüfung von Halogenkohlenwasserstoffgemischen auf synergische Wirkung ergab sich, daß Initialtoxizität und Rückstandswirkung des DDT-Wirkstoffes durch Kombination mit anderen Halogenkohlenwasserstoffen der DDT- und OET-Gruppe gesteigert werden können. Es wurden Schmelzen des reinen p,p'-DDT-Wirkstoffes mit β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-fluor-phenyl]-äthan, β, β, β -Trichlor- α, α -bis-[4-äthyl-phenyl]-äthan, Oktachlor-endomethylen-tetrahydrohydindenon und

¹⁾ Die Zahlenwerte sind das Mittel von je 8 Versuchen mit je 12 Testtieren.

anderen Verbindungen hergestellt und nach Abscheidung in feinverteilter Form auf Trägerstoffen als Stäubemittel auf kontakt-insektizide Wirksamkeit geprüft (Testtiere: *Melophagus ovinus*, *Drosophila melanogaster*).

Die Aktivitätssteigerung des DDT-Wirkstoffes ist auf eine Veränderung seiner physikalischen Zustandsform zurückzuführen (Herabsetzung der „Kristallisationstendenz“). Die zuweilen beobachtete größere Aktivität von Stäubemitteln, welche nicht den reinen DDT-Wirkstoff, sondern techn. DDT als Wirkstoff enthalten, dürfte auf eine ähnliche Weise zustande kommen. Reinstes kristallisiertes β , β , β -Trichlor- α , α -bis-[4-chlor-phenyl]-äthan von Smp. 107,5—108,2° C ist gegen *Cimex lectularius* nur wenig wirksam. Der DDT-Wirkstoff ist zur Wanzenbekämpfung nur in feinsten Verteilung brauchbar. Das Maximum der Aktivität eines DDT-haltigen Stäubemittels wird jedoch erst erreicht, wenn die „Kristallisationstendenz“ des Wirkstoffes weitgehend herabgesetzt ist. Eine verhältnismäßig einfache „physikalische Abwandlung“ des DDT-Moleküls hat also zu einer Aktivitätssteigerung geführt, die durch alleinige „chemische Abwandlung“ bisher nicht erreicht worden ist. — Für die Verlängerung der Dauerwirkung dürfte außerdem noch der Umstand verantwortlich zu machen sein, daß die zugesetzten Halogenkohlenwasserstoffe die Abspaltung von HCl aus dem Wirkstoff inhibieren.

Die Untersuchungen über die Zusammenhänge von physikalischer Zustandsform und Wirksamkeit von Kontakt-Insektiziden sind nicht nur für die Herstellungs- und Anwendungstechnik von DDT-Präparaten, sondern vor allem auch für die vergleichende biologische Wertbestimmung von Kontakt-Insektiziden von Bedeutung. — Es wird der Vorschlag gemacht, zwischen einem Petrischalen-Filmtest und einem Petrischalen-Filtertest zu unterscheiden.

Eine experimentelle Prüfung der Frage, inwieweit sich durch eine Erhöhung der Intensität des Kontaktes zwischen Insekt und Giftstoff die Initialtoxizität der Wirkstoffe DDT und M 410 steigern läßt, ergab, daß die Aktivität der beiden Wirkstoffe gegen *Calandra granaria* im Petrischalen-Filtertest durch gleichzeitige Anwendung von Reizmitteln (halogen. Phenolen) gegenüber dem normalen Test bis zu 15 % erhöht werden kann.

(Eingegangen am 25. August 1948.)

Vorteile der Frühbestäubung bei der Nonne unter besonderer Berücksichtigung der Tachinenvermehrung

Von

HELLMUTH GÄBLER, Tharandt

Unter einer „Frühbestäubung“ soll hier eine Bestäubung verstanden werden, die möglichst frühzeitig im Jahre gegen das erste Raupenstadium durchgeführt wird. Sie ist also der Gegensatz zu einer Spätbestäubung. Es muß dies erwähnt werden, da unter einer Frühbestäubung oft auch die am frühen Morgen stattfindende Bestäubung im Gegensatz zur Abendbestäubung verstanden wird. Letztere sollte deshalb besser als Morgenbestäubung bezeichnet werden.

Haben wir es mit einem sehr umfangreichen Auftreten eines Schädlings zu tun, wie dies z. B. bei der Massenvermehrung der Nonne im Kreise Schleusingen (Westthüringen) 1944 der Fall war, wo man anfangs mit einer Bestäubungsfläche von bis zu 7500 ha rechnete, die sich aber später erfreulicherweise auf knapp 4000 ha verringerte, so leuchtet ohne weiteres ein, daß mit der Bestäubung sehr zeitig begonnen werden muß, um möglichst viel Zeit für die Durchführung einer solch umfangreichen Aktion zu haben, da ja nicht immer mit gutem Wetter gerechnet werden kann. Gerade bei der soeben erwähnten Flugzeugbestäubung hat nur der frühzeitige Beginn der Bestäubung eine restlose Durchführung derselben ermöglicht, weil in den Monaten Mai bis Anfang Juli im Thüringer Wald vorwiegend ungünstiges Wetter herrschte und die Aktion hinauszögerte.

Bei einer Frühbestäubung kommt es aber besonders auf den richtigen Zeitpunkt des Beginns dieser Maßnahme an. Aus diesem Grunde muß vor Beginn derselben eine sehr gewissenhafte Eischlüpfkontrolle vorgenommen werden. Am besten erfolgt diese durch die Kombination zweier Methoden. Bei der ersten sucht man sich Eigelege im unteren Stammabschnitt, besonders an den Wurzelanläufen auf und umleimt diese. Die Wurzelanläufe sind deshalb zu bevorzugen, da dort erfahrungsgemäß die Eier zuletzt schlüpfen. Besonders sind die Eigelege an der der Sonneneinwirkung abgewandten Nordseite der Stämme im Bestandsinneren genau zu beobachten. Ist kein Raupenleim vorhanden, so können die Eigelege im Notfall auch ringförmig bis auf das Kambium umrissen werden, so daß das austretende Harz die geschlüpfen Räumchen am Verlassen der Spiegel hindert. Allerdings hat diese Methode allerhand Nachteile und gestattet kein sauberes Arbeiten, weil das Harz meist in den Kreis hineinläuft. Da die Eiräumchen einige

Tage in den Raupenspiegeln sitzen und erst dann mit Aufbaumen beginnen, muß auch das Aufbaumen besonders überwacht werden. Zu diesem Zweck werden in dem für die Bestäubung vorgesehenen Gebiet Probestämme mit Leimringen versehen, die, sobald das Schlüpfen der Räupchen begonnen hat, mindestens alle 2 Tage zu kontrollieren sind. Dabei müssen die Räupchen unter dem Leimring gezählt und getötet werden. Das Zählergebnis ist jedesmal zu notieren und am Schluß der Kontrollzeit, die mit Beginn der Bestäubung beendet werden kann, dem Bestäubungsleiter zu übergeben, der danach den Bestäubungsplan festlegt. Selbstverständlich müssen besonders im Mittelgebirge, wo sich ein Bestäubungsgebiet oft über Höhenlagen mit 300—400 m Höhenunterschied hinzieht (im Kreise Schleusingen 1944 von rund 380 bis 700 m), Schlüpf- und Aufbaumkontrollen in den verschiedensten Höhenlagen durchgeführt werden. In Tabelle 1 seien einige Beispiele für die Raupenkontrolle unter den Leimringen angeführt, die bei anfangs täglichem Absuchen im Forstamt Dietzhausen gewonnen wurden.

Tabelle 1
Raupenabsuchergebnisse unter den Leimringen 1944.

Stamm Nr.	11. 5.	12. 5.	13. 5.	14. 5.	15. 5.	16. 5.	17. 5.	18. 5.	19. 5.	20. 5.	21. 5.	24. 5.	27. 5.
1.	24	31	26	39	—	—	23	60	66	16	22	2	3
2.	35	115	179	218	5	8	67	212	166	100	92	17	12
3.	240	268	274	447	2	10	103	253	323	156	152	4	4
4.	69	106	68	90	—	3	20	145	154	116	227	19	8
5.	13	43	92	183	13	3	54	188	211	116	217	55	—

Die Stämme der Tabelle 1 standen alle in derselben Höhenlage (rund 500 m) nur wenig voneinander entfernt (die am weitesten entfernten Stämme nur rund 150 m). Man ersieht aus dieser Aufstellung, daß der Höhepunkt des Aufbaumens an diesem Standort zwischen dem 18.—21. Mai erreicht war. Erwähnt muß noch werden, daß ein Teil der am 24. und 27. Mai gefundenen Raupen bereits zum zweitenmal aufbaunte, denn diese Tiere standen schon kurz vor der ersten Häutung.

Nachdem die Methoden beschrieben sind, die uns einen Einblick in das Schlüpfen und Aufbaumen der Eiräupchen vermitteln, ergibt sich die Frage, zu welchem Zeitpunkt frühestens mit der Bestäubung begonnen werden kann. Genügt es bereits, wenn die Räupchen geschlüpft sind, oder müssen sie schon aufgebaumt sein? WELLENSTEIN schreibt dazu: „Die Begiftung muß beginnen, wenn 90% der Räupchen aufgebaumt sind.“ Dies stimmt zweifellos, denn die in den Spiegeln ruhig und zum Teil unter Rindenschuppen verborgen sitzenden Räupchen werden bei einer zu frühen Bestäubung größtenteils nicht getroffen werden. Besonders schwierig ist aber die Bestimmung des Bestäubungszeitpunktes in den letzten Jahren einer Massenvermehrung, da sich in diesen Jahren erfahrungsgemäß das Schlüpfen der Eier sehr

weit zeitlich auseinander zieht, so daß es vorkommt, daß neben frisch geschlüpften Raupen schon das zweite, ja manchmal sogar das dritte Raupenstadium vorhanden ist. Es handelt sich dabei offenbar weniger um ein späteres Schlüpfen ganzer Gelege, sondern um die Verlängerung der Entwicklungszeit eines Teiles der Eier eines Eigeleges. Um die Lebensfähigkeit der zuletzt geschlüpften Räupchen verschiedener Gelege nachzuprüfen, wurden diese zu Aufzuchtversuchen angesetzt. Leider konnte aus technischen Gründen die Zucht nicht bis zu Ende durchgeführt werden, doch stellte sich dabei heraus, daß die Sterblichkeit dieser zum Teil schon beim Schlüpfen sehr kleinen und kümmerlichen Räupchen bereits im ersten und zweiten Stadium sehr hoch war. Also ist es von geringer Bedeutung, daß man auf diese Nachzügler bei Festsetzung des Bestäubungsbeginns Rücksicht nimmt, da ein großer Teil von ihnen sowieso schon als junge Raupe zugrunde geht.

Es kommt aber nicht nur darauf an, mit der Bestäubung zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu beginnen, sondern sie, soweit dies die Witterung irgend gestattet, so rasch als möglich vorwärts zu treiben, wie dies auch WELLENSTEIN und SCHWERTDFEGER betont haben, denn es muß uns aus verschiedenen Gründen daran gelegen sein, eine Bestäubung baldmöglichst zu beenden. Diese Gründe sollen an Hand von Erfahrungen, die der Verfasser 1940 und 1941 im Gebiete von Marienbad—Karlsbad, im sächsischen Vogtland und besonders 1944 im Kreise Schleusingen (Westthüringen), wo wegen der Größe der Befallsfläche und der Schwierigkeiten im fünften Kriegsjahr der Fall besonders kompliziert lag, sammeln konnte, erörtert werden.

Wie bereits erwähnt, steht bei einer Frühbestäubung der größtmögliche Zeitraum für die Durchführung zur Verfügung. Außerdem gelingt die Abtötung der jüngsten Raupenstadien am besten, da sie am giftempfindlichsten sind (siehe auch SCHWERTDFEGER). Dies hat den weiteren Vorteil, daß eine geringere Giftmenge je Hektar zur Abtötung ausreicht, was einesteils die Nebenschäden der Bestäubung inner- und außerhalb des Waldes und die Bestäubungskosten herabsetzt. So kommt WELLENSTEIN auf Grund von Versuchen mit den Dinitroorthokresolmitteln Detal, Effusan, Novosil, K III usw. zu dem Ergebnis, daß eine „Frühbegiftung“ mit 60 kg/ha die gleiche Wirkung wie eine Spätbegiftung mit 90 kg/ha erzielt. Im Mittelgebirge genügen Erfahrungsgemäß diese Mengen, wie auch aus WELLENSTEINS Erfahrungen bei den früheren Bestäubungen in Westthüringen hervorgeht, meist noch nicht, da mit wesentlichen Giftverlusten durch Abströmen der Giftwolken in Senken und Täler selbst bei günstigem Stäubewetter gerechnet werden muß. Hier empfiehlt es sich mit 90 kg/ha gegen das erste Raupenstadium zu beginnen und die Giftmenge im Laufe der Weiterentwicklung nach Bedarf zu steigern. In den meisten Fällen wird man mit 120 kg/ha gegen die älteren Stadien auskommen. Wenn man also bei einer rasch vonstatten gehenden

Frühbestäubung auf dem größten Teil der Befallsfläche mit einer Giftmenge von 90 kg/ha auskommt, so spart man gegenüber einer Spätbestäubung mit 120 kg/ha $\frac{1}{4}$ der Giftmenge. Da die Kosten für 100 kg Dinitroorthokresolmittel rund 65 M. und für Arsenmittel 45 M. betragen, ist dies eine Ersparnis für 1 ha von 19,50 M. bzw. 13,50 M. allein an Giftkosten. Dazu kommen aber noch die Ersparnisse für Lagerung und Antransport der Giftmenge. Das Wichtigste dabei ist aber die Zeitersparnis. Dies soll an einem praktischen Beispiel klar gemacht werden. Es wurden 1944 im Kreise Schleusingen 1260 ha mit 90 kg/ha bestäubt. Das war rund $\frac{1}{3}$ der eigentlichen Bestäubungsfläche. Wenn man nun annimmt, daß je Flugzeug auf einem Arbeitsflug 450 kg Giftstaub verstäubt werden und 113 400 kg benötigt wurde, so waren zur Verstäubung 252 Flüge nötig. Hätte aber dieselbe Fläche bei einer Spätbestäubung mit 120 kg/ha bestäubt werden müssen, so wäre eine Giftmenge von 151 200 kg und 336 Flüge benötigt worden. So wurden auf diese Weise 84 Flüge eingespart. Das bedeutet natürlich eine beträchtliche Zeit- und Materialersparnis. Allein an Gift wurden so 37 800 kg mit einem Werte von rund 24 500 M. eingespart.

Auch die Schäden, die durch eine Frühbestäubung angerichtet werden, sind viel geringer als bei einer Spätbestäubung. Wenn wir auch wegen der Größe der Fläche und dem ungünstigen Wetter 1944 in Westthüringen während der gesamten Raupenentwicklungszeit stäuben mußten, so trat doch gerade dabei der Vorteil bei den frühbestäubten Flächen besonders deutlich zutage. Da bei Beginn der Bestäubung noch keine oder fast keine Maitriebe an den Fichten vorhanden waren, traten keinerlei Verbrennungen in diesen Fichtenbeständen auf. Das war besonders wertvoll in stark lichtgefressenen Beständen, denen auf diese Weise die diesjährigen Maitriebe erhalten blieben, und sich somit mancher Baum erholte, der sonst wahrscheinlich abgestorben wäre. Außerdem wurde auf den frühbestäubten Flächen nahezu jeder diesjährige Fraßschaden vermieden, was auch der Erholungsfähigkeit der Bestände zugute kam. Deshalb habe ich auch die am stärksten befallenen Flächen, die zum Teil einen Raupenbefallsdurchschnitt von 6000 Stück je Stamm aufwiesen, zuerst mit bestäubt. Im Suhler Gebiet dagegen konnte ich eine Fläche, deren Fichten beim vorjährigen Fraß bereits zu 40—60 % entnadelt worden waren, die aber in diesem Jahr einen schwächeren Befall zeigte, erst später stäuben. Der Erfolg war außer einer fast restlosen Abtötung der Nonnenraupen leider auch eine nahezu vollständige Verbrennung der Maitriebe, so daß kaum noch eine Erholungsmöglichkeit der stärker befallenen Bäume vorhanden war.

Wesentlich eindrucksvoller war aber noch der Unterschied der landwirtschaftlichen Schäden in der Nachbarschaft früh- und spätbestäubter Waldgebiete. Als die Bestäubung am 19. Mai begann, waren auf den Feldern kaum nennenswert Feldfrüchte vorhanden, bei

denen eine Verbrennungsgefahr durch die verwendeten Dinitroorthokresolmittel Effusan und K III bestand. Nach den bei bisherigen Bestäubungen gemachten Erfahrungen werden ja u. a. besonders Rüben, Kohl, Klee und ähnliche weichblättrige Feldfrüchte geschädigt, alles Früchte, die größtenteils so früh im Jahre in dieser Höhenlage noch nicht auf den Feldern vorhanden waren. Trotzdem traten, von mir erstmalig beobachtet, Schäden an Hafer auf, der noch sehr jung und zart war. Wenn diese Schäden auch anfangs ziemlich schlimm aussahen, so hat sich, zumal in dieser Zeit feuchtes, trübes Wetter herrschte, das meiste wieder verwachsen. An den Gartengemüsen, besonders an Spinat, die ja größtenteils noch sehr zart waren, traten stellenweise schwere Verbrennungen auf. Da aber auch bei den in den späteren Wochen erfolgten Stäubefügen die Schädigungen an Gartenfrüchten bedeutend waren, so hatte die Frühbestäubung hier wenigstens den Vorteil, daß dabei die vernichteten Pflänzchen so zeitig wieder ersetzt werden konnten, daß noch ein ausreichender Ertrag erzielt werden konnte, was bei der Spätbestäubung nicht mehr in allen Fällen möglich war. In der Nachbarschaft der später bestäubten Waldgebiete traten schwere Schäden an Klee, Rüben, Kraut, Kohl u. ä. auf, die recht empfindliche Schadenersatzansprüche nach sich zogen.

In diesem Zusammenhang sei auf die beigegefügte Teilaufstellung von Schadenersatzzahlungen verwiesen. In der Nähe der Gemeinden 1—6 wurde zuerst gestäubt. An sie wurde insgesamt 1809,80 M. Schadenersatz für Feld- und Gartenfrüchte gezahlt. An die Gemeinden 7—12, deren Feldgrenze längs des Bestäubungsgebietes ungefähr die gleiche Länge hatte wie die der ersten 6 Gemeinden, mußten dagegen 8103,96 M. Entschädigungen gezahlt werden. Es war also zwischen den Schäden der Frühbestäubung und denen der Spätbestäubung ein recht beträchtlicher Unterschied.

Teilaufstellung des Schadenersatzes bei der Nonnenbestäubung in Thüringen 1944

1. Gemeinde Dietzhausen	380,30 M.
2. „ Mäbendorf	76,— „
3. „ Wichtshausen	137,— „
4. „ Rohr	79,80 „
5. Hugo Leyh, Staatsgut Meiningen-Helba	250,— „
6. Gemeinde Suhl 2	886,70 „
	<hr/>
	1809,80 M.
7. Gemeinde Grub	1071,— M.
8. „ Oberstadt	4930,25 „
9. „ Schleusingen	158,40 „
10. „ Gethles	951,95 „
11. „ Eichenberg	18,— „
12. „ Bischofsroß	974,36 „
	<hr/>
	8103,96 M.

Für den Bekämpfungserfolg ist aber oft entscheidend die Schonung der Parasiten bei einer Frühbestäubung. Es handelte sich im vorliegenden Fall vorwiegend um die Tachinenart *Parasetigena segregata* Rond. Da diese erst einige Zeit nach dem Schlüpfen der Nonnenräupchen zu fliegen beginnt, wird sie bei einer Frühbestäubung nicht oder nur zum kleineren Teil getroffen. Dies ist für einen durchschlagenden Bestäubungserfolg oft von ausschlaggebender Bedeutung. Zu Beginn einer Massenvermehrung der Nonne sind Tachinen meist kaum zu finden, erst im Laufe der nächsten Jahre treten sie mehr oder weniger stark auf, sind aber bedauerlicherweise im allgemeinen nicht imstande, eine Nonnenmassenvermehrung vor Auftreten eines umfangreicheren Schadens zu beenden. Andererseits gelingt bei einer Bestäubung eine wirklich 100prozent. Abtötung der Schädlinge nur in den allerseltensten Fällen. Bleiben aber nur 2% der Raupen am Leben, so kann dies in einem schwer befallenen Revier unter Umständen den ganzen Bestäubungserfolg in Frage stellen. Bei der vom Verfasser 1944 in Westthüringen geleiteten Bestäubung fanden sich Flächen, die einen Raupenbefallsdurchschnitt von 6000 Stück je Stamm hatten. Wären in diesem Fall auch nur 2% der Raupen am Leben geblieben, so bedeutete dies einen Befall von 120 Falter je Stamm. Es würde sich also hier bereits im nächsten Jahr eine erneute Bestäubung nötig gemacht haben. Um nun an diesen sehr stark befallenen Stellen einen diesjährigen Fraßschaden und Verbrennungsschäden an den Maitrieben zu vermeiden und die Tachinen zu schonen, wurden diese Gebiete zuerst bestäubt. Da die Nonne auf diesen Flächen schon seit Jahren fraß, hatte hier auch eine beträchtliche Vermehrung der Tachinen stattgefunden, die an sich allein aber die gewaltigen Raupenmengen natürlich nie hätten bewältigen können. Nachdem aber die Bestäubung den größten Teil der Raupen abgetötet hatte, konnten die immerhin recht ansehnlichen Tachinenmengen, die durch Frühbestäubung verschont worden waren, den größten Teil der restlichen Raupen tachinieren und auf diese Weise weiter dezimieren. Man könnte ja nun annehmen, daß bei einer Spätbestäubung die Tachinen ihre Eier größtenteils schon abgelegt hätten und so ihre Vernichtung keine so große Rolle spielen würde. Das stimmt aber keineswegs. Die Latenzperiode, d. h. die Zeitdauer, die von der Begattung bis zur Eiablage vergeht, ist wie PRELL und BAER betonen, weitgehend temperaturbedingt und beträgt nach PRELL bei 16—20 °C Durchschnittstemperatur 12 Tage. BAER gibt sie mit 1—3 Wochen an. Bei dem 1944 im Thüringer Wald herrschenden kühlen Wetter hat sie sicher 2—3 Wochen betragen. Tachinen, die also während dieser Frist abgetötet werden, kommen nicht zur Eiablage, und das dürften bei einem späteren Bestäubungstermin die meisten Tiere sein. Im Falle einer Spätbestäubung haben aber außerdem die in der Minderzahl vorhandenen Tachinen eine große Menge Raupen vor sich, während sich die bei der Frühbestäubung geschonten Tachinen auf den geringen von

der Bestäubung nicht abgetöteten Raupenrest stürzen, worauf auch GÖSZWALD im Zusammenhang mit einer Pyrethrumbestäubung hinweist. Bei der Spätbestäubung werden außerdem ein großer Teil von Tachinenlarven infizierter Raupen abgetötet, und so für die Weiterentwicklung der Kalamität ausgeschaltet.

Man konnte auch bei der Westthüringer Bestäubung feststellen, daß in den frühbestäubten Beständen 1944 ein sehr starker Tachinenflug beobachtet werden konnte, was auf den später bestäubten Flächen nicht der Fall war, dafür konnte dort sofort nach der Bestäubung ein starker Totenfall von Tachinen beobachtet werden. Während an den meisten Stellen des Bestäubungsgebietes wegen der geringen Zahl überlebender Raupen keine näheren Beobachtungen über die Parasitierungsverhältnisse gemacht werden konnten, war an einer Stelle, die gleich zu Beginn bestäubt wurde, die Abtötung der Raupen nur schätzungsweise 80 %, so daß noch größere Mengen am Leben geblieben waren. Es fielen dort nach der Bestäubung vom 20.—21. Juni 1944 stündlich auf eine Kottafel von 30 × 30 cm Größe 12,1 Kotkrümel. Vor der Bestäubung konnte hier selbstverständlich keine Kotkontrolle durchgeführt werden, da dies bei den damals vorhandenen Eiräupchen nicht möglich war, und so leider auf Grund der Kotkontrolle der prozentuale Abtötungserfolg nicht berechnet werden konnte. Einen Anhaltspunkt über die Befallstärke in diesem Revierteil erhalten wir aber durch folgende Ergebnisse. Im Sommer 1943 wurden dort an Probestämmen bis in 3 m Höhe bei einer jeden dritten Tag durchgeführten Kontrolle je Stamm 100,1 Falter, darunter 26,3 Weibchen gezählt, also ein recht beträchtlicher Befall.

Da hier genügend Material zu finden war, soll dieser spezielle Fall näher behandelt werden. Allerdings handelt es sich dabei nicht um systematische Untersuchungen, sondern nur um Beobachtungen, die ich nebenbei machen konnte. Da es sich aber hierbei um Freilandbeobachtungen handelt, scheinen sie mir veröffentlichungswert, da die meisten früheren Tachinenbeobachtungen (BAER, GÖSZWALD, PRELL) ja vorwiegend auf Zwingerversuchen beruhen, und auch nur ein Teil der ostpreußischen Tachinenuntersuchungen auf wirklichen Freilandbeobachtungen fußen (besonders ein Teil derjenigen von NIKLAS). Kurz sei noch darauf eingegangen, welche Ursachen wohl im vorliegenden Fall nur zu einem Teilerfolg geführt haben könnten. Es lag natürlich der Verdacht nahe, daß die Bestäubung an dieser Stelle vielleicht zu früh begonnen haben könnte, denn wenn auch sicher fast alle Eier zum Bestäubungsbeginn am 19. Mai geschlüpft waren, so war ein Teil der Raupen noch nicht aufgebaumt. Ich verweise in diesem Zusammenhang auf Tabelle 1, nach der am 20. und 21. Mai noch größere Mengen Raupen aufgebaumt, allerdings lag der Revierteil, in dem die Bäume der Tabelle 1 standen, höher als das in Frage kommende Revier, so daß in letzterem wahrscheinlich schon ein größerer Prozentsatz der Raupen aufgebaumt war. Andererseits war aber die Wirkung der Bestäubung

auf einer anderen Befallsfläche in gleicher Höhenlage, die am selben Tage bestäubt worden war, gut. Außerdem konnte ich bei späteren Waldbegängen in dem Revierteil mit unzureichender Abtötung keineswegs eine einheitliche Wirkung auf der gesamten Fläche feststellen. Die Giftwolke hatte also offenbar nicht gleichmäßig gelegen. Das ließ sich am besten an den Moospolstern feststellen, die durch Kresolmittel stark vergilben. Nun konnte man deutlich sehen, daß an den Stellen, an denen die Moospolster vergilbt waren, kaum noch Kotfall zu beobachten war, während an Stellen mit grünen Moospolstern der oben erwähnte starke Kotfall zu finden war. Also konnte hier der Mißerfolg nur auf einer ungleichen Verteilung des Giftstaubes beruhen und nicht auf einem zu frühen Bestäubungsbeginn.

Einen wie großen Einfluß die Tachinierung auf die Weiterentwicklung einer Massenvermehrung der Nonne haben kann, ist schon oft erörtert worden, und es liegen auch von vielen Autoren Angaben über die prozentuale Parasitierung bei verschiedenen Nonnenkalamitäten vor. Ich verweise in diesem Zusammenhang auf die Zusammenstellungen von NIKLAS und die in Sachsen gewonnenen Ergebnisse von NOLTE. Mir sind aber bisher noch keine Beobachtungen bekannt geworden, die nach einer Frühbestäubung gewonnen wurden. Deshalb soll nun auf den Belag der Nonnenraupen mit Tachineneiern auf der oben erwähnten Fläche näher eingegangen werden. Zuerst seien die tachinierten Raupen untersucht, wobei noch nicht entschieden sei, ob diese Raupen auch tachinös, also mit Tachinenlarven im Körperinneren infiziert waren (siehe ESCHERICH). Das erste Ei wurde anlässlich eines Reviervanges erst am 18. Juni auf einer Nonnenraupe gefunden, obgleich schon längere Zeit große Mengen Tachinen schwärmten.

Tabelle 2
Nonnenraupen mit und ohne Tachineneier.

Datum	24. 6.		25. 6.		28. 6.		1. 7.		8. 7.	
	Stck.	%	Stck.	%	Stck.	%	Stck.	%	Stck.	%
ohne Ei:	31	= 65	36	= 61	71	= 38	59	= 36	62	= 32
mit Ei:	17	= 35	23	= 39	114	= 62	106	= 64	131	= 68

Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, nahm dann der Eibelag rasch zu, so waren am 24. Juni bereits 17 von 48 Raupen oder 35 % der untersuchten Tiere belegt. Dieser Prozentsatz steigerte sich dann am 25. Juni auf 39 %, am 28. Juni auf 62 %, am 1. Juli auf 64 % und am 8. Juli sogar auf 68 %. Die Raupen wurden an den Bestandsrändern und in Bestandslücken, in denen jüngere Stangenhölzer standen, an den herabhängenden Zweigen entnommen. Da aber geklärt werden mußte, ob diese Verhältnisse auch mit denjenigen in den Baumkronen des Bestandsinneren übereinstimmten, wurde am 8. Juli durch Probefällungen der Prozentsatz der mit Eiern belegten Raupen in den Kronen festgestellt. Hier fand sich eine Belagsstärke von 72 % im

Gegensatz zu einer solchen von 68 % an den herabhängenden Zweigen (NIKLAS fand bei Kontrolle der Eiablage als höchstes Tachinierungsprozent 38 %). Sie war also in den Kronen sogar noch um ein Geringes höher als unten. Es verhielten sich demnach hier die tachinierten Raupen anders als dies laut Schrifttum (PRELL u. a.) bei tachinösen Raupen der Fall ist. Das dürfte auch erklärlich sein, denn die tachinierten Raupen haben ja noch keine Beschwerden und deshalb keinen Grund zu Boden zu gehen, und so sind demnach unten nicht mehr tachinierte Raupen zu finden als in den Kronen. Hier war sogar das Gegenteil der Fall, und dies lag bei vorliegenden Beobachtungen wohl daran, daß die meisten Tachinen während des größten Teils der Flugzeit oben in den Kronen schwärmten und somit dort die Aussicht mit Eiern belegt zu werden, für die Raupen größer war als in den unteren Regionen. Es kann dies allerdings auch darauf beruhen, daß sich die Raupen kurz vor der Häutung, wie dies auch PRELL betont, oft nach unten begeben, und man dann vielleicht zu gewissen Zeiten zahlreiche frisch gehäutete Tiere findet, die noch nicht wieder mit Eiern belegt sind. Da die erste Puppe (ein verkümmertes Männchen) erst am 12. Juli gefunden wurde, die Raupen sich ungefähr je zur Hälfte im vierten und fünften Stadium befanden, ja vereinzelt sogar noch drittes Stadium vorhanden war, hatten die Fliegen immer noch etwas Zeit, um an weiteren Raupen ihre Eier abzulegen. Leider hatte ich nicht die Möglichkeit, den Prozentsatz der tachinösen Raupen an Ort und Stelle festzustellen. So mußte ich mich später mit der Präparation von in Formalin fixiertem Material begnügen, dabei ist natürlich wahrscheinlich ein Teil der kleinen Tachinenlarven übersehen worden. Also dürften die hier erwähnten Prozente tachinierter Raupen zu gering sein. Material vom 8. Juli wurde zu dieser Untersuchung verwandt, nachdem sich gezeigt hatte, daß am 1. Juli eingesammelte Raupen zwar schon 64 % tachiniert, aber noch nicht tachinös waren. Bei dem Formalinmaterial konnte ich durch Präparation 63 % der Raupen als tachinös feststellen. So lag die Zahl der tachinösen Raupen nur 5 % unter den tachinierten. Interessanterweise war nur ein ganz geringer Prozentsatz der an den Raupen abgelegten Eier schon geschlüpft, und die in den Raupen gefundenen Larven müssen also aus Tachineneiern stammen, die bereits in den früheren Stadien an die Raupen abgelegt worden waren. Demnach wird auch ein großer Teil dieser Eier, noch bevor die nächste Häutung bzw. Verpuppung stattfand, von den Larven verlassen und weitere Raupen auf diese Weise tachinös geworden sein. Es dürfte also bis zur Verpuppung sämtlicher Raupen ihr tachinöser Prozentsatz noch beträchtlich gestiegen sein, und sicher mindestens zwischen 70 und 80 % gelegen haben. Da nun meist beobachtet werden kann, daß die jüngeren Stadien (zweites und drittes) beim Vorhandensein größerer Raupen weniger tachinös sind, so mußten eigentlich auch die Raupen des vierten Stadiums weniger tachinös sein als die gleichzeitig vorhandenen des fünften Stadiums.

Untersuchungen ergaben im vorliegenden Fall für das vierte Stadium 84 % und für das fünfte Stadium 82 %, also gerade das umgekehrte Verhältnis, das zu erwarten war. Da die Versuchstiere aber mitten in der Haupthäutungszeit vom vierten zum fünften Stadium entnommen wurden, ist hier ein klares Bild nicht zu erwarten. An Material, das am 1. und 2. Juli entnommen wurde und sich in bezug auf seine Stadien verhielt: III : IV : V = 1 : 17 : 9, wurde die Häufigkeit der Tachinierung dieser Stadien festgestellt. Es bestätigt sich die in der Literatur schon oft erwähnte Angabe und das von v. FINCK bei Zwingerversuchen erhaltene Ergebnis, daß das kleinste (hier dritte) Stadium mit 27 % die geringste Tachinierung aufwies (nach LOOS wird die Raupe erst vom dritten Stadium an belegt), während das vierte und fünfte Stadium mit 52 bzw. 58 % weit höher lagen. Allerdings zeigt auch dieses Ergebnis nur einen geringen Unterschied zwischen diesen beiden Stadien. Dies deckt sich mit NIKLAS' Freilandergebnissen, die er in stärker befallenen Gebieten erhielt, wo auch der Eibelag der älteren Stadien (viertes Stadium — Vorpuppe) ziemlich gleich war.

Viel ist im Schrifttum über die Eiverluste bei den Häutungen der Raupen geschrieben worden, denn da die Fliegeneier eine je nach Temperatur verschieden lange Entwicklungszeit benötigen (nach PRELL bei 20 °C 3, bei 12—14 ° 6 und mehr Tage), wird ein mehr oder weniger großer Teil davon vor dem Schlüpfen der Larven mit der Raupenhaut abgestreift und geht dadurch verloren. Ein gewisser Vorteil ist dabei, daß bei kühler Temperatur, welche die Tachinienentwicklung verzögert, auch die Raupenentwicklung und damit die Häutungen hinausgezogen werden. Während LOOS diesen Verlust anfangs mit 40 %, später mit 35 % angibt, kommt PRELL auf Grund seiner Versuche und Berechnungen nur auf einen Prozentsatz von 20—25 %. Exakte Beobachtungen über diese Frage konnte ich leider nicht machen, doch scheinen mir letztere Angaben etwas niedrig zu sein (auch NIKLAS kommt zu höheren Zahlen). Zu einer anderen Seite der Eiverlustfrage sei aber noch einiges erwähnt, weil sie besonders im vorliegenden Fall, in dem durch die vorhergegangene Frühbestäubung die Tachinen im Verhältnis zu den Raupen sehr zahlreich waren, eine bedeutende Rolle spielte. Alle Autoren, die sich mit dieser Frage befaßt haben, stimmen darin überein, daß an eine Raupe oftmals mehr als ein Ei abgelegt wird und auch, wie u. a. PRELL betont, tachinöse Raupen nochmals tachiniert werden. Es sind diese Tatsachen auch stellenweise mit Zahlen belegt worden, da diese aber mit einigen Ausnahmen (NIKLAS) nicht Freilandbeobachtungen entstammen, möchte ich einige in diesem Zusammenhang festgestellte Zahlen mitteilen.

Tabelle 3
Tachineneibelag der Einzelraupen

Eizahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	18
Raupenzahl	318	160	80	29	16	13	11	2	1	—	1	—	—	1	1

Tabelle 3 zeigt, ein wie großer Anteil der mit Eiern belegten Raupen mehrere Eier trug. Es waren von 633 Raupen fast 50 %, nämlich 315 Stück, wovon wiederum nahezu die Hälfte (160 Stück) mit 2 und rund ein Viertel (80 Stück) je 3 Eier trugen. Im Versuch ist natürlich unter den gegebenen Umständen ein sehr hoher Eibelag je Raupe zu erreichen. Im Freiland dürften aber Tiere mit 11, 14 und sogar 18 Eiern, wie ich sie hier beobachten konnte, eine Seltenheit sein. Ja schon die Beobachtung von 29 Stück vierfach, 16 Stück fünffach, 13 Stück sechsfach, 11 Stück siebenfach, 2 Stück achtfach und 1 Stück neunfach belegten Raupen unter 633 tachinierten Tieren dürfte nicht sehr häufig vorkommen. Auch dies ist eine Folge des durch die Frühbestäubung zugunsten der Tachinen verschobenen Zahlenverhältnisses. Daß hierdurch ein ganz wesentlicher Eiverlust eintritt, liegt klar auf der Hand. Er spielt eine um so größere Rolle, da die Nonnentachine *Parasetigena segregata* Rond. eine verhältnismäßig geringe Menge Eier produziert. PRELL konnte im Höchstfall 181 beobachten und vermutete rund 200 Stück, v. FINCK erhielt 218. Nun fanden sich aber auch bei den tachinierten Raupen zum großen Teil außerdem noch Larven im Körperinneren. Am 8. Juli entnommene Raupen zeigten bei Präparation das aus Tabelle 4 zu entnehmende Ergebnis, getrennt nach viertem und fünftem Raupenstadium, denn nach PRELL u. a. sind die ersten drei Stadien nicht imstande, eine Made zu ernähren und auch junges viertes Stadium soll oft noch nicht dazu fähig sein, was ich hier nicht nachprüfen konnte.

Tabelle 4

Tachineuei- und Madenzahl an Nonnenraupen

IV Stadium	Eier ¹																				
	Stück (1)	2	2	3	4	5 (1)	2	(1)	1	4	6	4	2	1	1	1	6	2	1	4	2
IV Stadium	Larven																				
	Stück 4	1	1	1	1	1		1	1	1	1	2	1	2	—	—	1	3	2	1	1
V Stadium	Eier																				
	Stück 3	2 (1)	3	4	2	3 (1)	4	2	2	5	2	2	2 (1)	3	1	2	2	1	1 (1)	1	7
V Stadium	Larven																				
	Stück 6	2	—	—	1	2	—	2	—	2	3	2	1	—	2	—	1	3	—	—	5

Von 47 tachinierten Raupen, von denen allerdings 3 Stück nur noch eine Eischale trugen, waren 35 zusätzlich noch tachinös, und zwar konnten bis zu 6 Larven im Raupeninneren festgestellt werden, noch dazu in einer Raupe, die außerdem 3 Eier auf ihrer Haut trug (vgl. auch NIKLAS' Tabellen). Wenn man bedenkt, wieviel Raupen mit den überzählig abgelegten Eiern noch hätten infiziert werden können, wird man sich erst über die Größe des Ei- und Larvenverlustes, der auf der Vielfachbelegung beruht, klar. Man versteht so auch, daß eine Verminderung des Wirtes ebenfalls eine sehr plötzliche Dezimierung des Parasiten mit sich bringen muß, denn solche Verhältnisse, wie sie hier

¹) Die eingeklammerten Zahlen stellen leere Eischalen dar.

geschildert wurden, liegen natürlich nur dort vor, wo der Parasit gegenüber dem Wirt einen Vorsprung gewonnen hat. Da zwischen dem Untersuchungstermin und dem voraussichtlichen Verpuppungstermin der Nonnenraupen noch längere Zeit zur Verfügung stand, hat sicher nicht nur das Parasitierungsprozent, sondern auch die Zahl der Larven in den einzelnen Raupen noch weiter zugenommen, und dadurch wäre der Verlust der Tachinen noch größer geworden. Nun ist aber für die künftige Entwicklung der Verhältnisse im folgenden Jahr noch zu berücksichtigen, daß sich in einer Raupe meist nur 1—2 Tachinenlarven voll entwickeln können. Wenn wohl auch gelegentlich in Ausnahmefällen bis zu 4 Maden, allerdings anderer Tachinenarten, eine Verpuppung gelingt, so sind die daraus hervorgehenden Puppen sehr klein, und die sich daraus entwickelnden Tachinen können nur einen geringen Prozentsatz der normalen Eizahl produzieren. Im günstigsten Falle stirbt in überbelegten Raupen nur ein Teil der Maden ab und ein oder zwei Tiere entwickeln sich bis zur Puppe. Oft sterben aber in diesem Fall, unter Umständen durch den frühzeitigen Tod des Wirtes alle Parasiten ab. Auch hierdurch wird die Zahl der Tachinen für das kommende Jahr weiter herabgesetzt. Ist dann die Nonnenkalamität im wesentlichen zusammengebrochen, so spielt dies keine praktische Rolle mehr.

Ferner sei noch mitgeteilt, daß die in den Raupen des vierten und fünften Stadiums am 8. Juli gefundenen Tachinenmaden vorwiegend, und zwar zu 92 % dem ersten Stadium angehörten, das zweite Stadium war nur zu 5 % und das dritte zu 3 % vertreten.

Die Verteilung der abgelegten Eier auf den verschiedenen Körpersegmenten der Raupe ist ziemlich wahllos, ebenso wie die Schlüpfstellen der Maden aus den Raupen und für unsere Untersuchung nicht von Interesse. Ich verweise in diesem Zusammenhang auf PRELLS und NIKLAS' Zusammenstellungen.

Trotz dieses hohen Ei- und Larvenverlustes zeigen aber die vorliegenden Beobachtungen, welche große Bedeutung gerade bei einer Frühbestäubung in einem Gebiete, in dem die Nonne schon seit einigen Jahren frißt, die Tachinen haben können, und damit findet sich WELLENSTEINS Ansicht bestätigt, die er in folgenden Worten ausspricht: „Besonders gegen Ende einer Kalamität kann eine richtig eingesetzte Begiftung die Wirksamkeit der Schmarotzer erhöhen.“ In nicht bestäubten stark befallenen Gebieten kann die Nonnentachine oft aus zwei Gründen nicht zu so großer Wirkung kommen. Erstens weil dort das Verhältnis Nonne : Tachinen meist ungünstig für die Tachinen liegt und sich diese außerdem in den Nonnenbefallszentren nach NIKLAS durch Abwanderung der Fliegen in die schwächer befallenen Randgebiete noch weiter zuungunsten der Tachine verschiebt. Nicht unwichtig scheint mir aber ferner die Beobachtung von NIKLAS, daß tachinöse Nonnenraupen in ihrer Fraßtätigkeit erheblich geschwächt sind und nur durchschnittlich die Hälfte der normalen Kot-

menge produzieren. Bei einem hohen Parasitenbefall wirkt sich dies sicher auch günstig auf den Fraßschaden aus.

Bei Waldbegängen während der Hauptflugzeit des Nonnenfalters in der Zeit vom 23.—28. August 1944 waren in diesem Teil des Bestäubungsgebietes nur ein weiblicher und einige wenige männliche Falter zu sehen. Also ein sehr guter Erfolg, während auf einer anderen Fläche, auf der ursprünglich auch viele Tachinen schwärmten, die aber am 26. und 28. Juni nachbestäubt wurde, noch größere Mengen Falter zu finden waren, dabei war der Kotfall sogar noch etwas geringer dort gewesen als auf der Tachinenversuchsfläche. Die Nachbestäubung fiel also wohl mitten in die Hauptschwärmzeit der Tachinen. Man sollte demnach in Gebieten, in denen zahlreiche Tachinen vorhanden sind, nur in den dringendsten Fällen Nachbestäubungen durchführen.

Die Vorteile einer Frühbestäubung liegen also klar auf der Hand. Sie spart Gift, Kosten, Arbeit und Material, vermindert die Verbrennungsschäden im Walde und an Feld- und Gartenfrüchten und sichert einen größeren Erfolg, da die jungen Raupen giftempfindlicher sind als die älteren, und die Parasiten, besonders die Tachinen geschockt werden und mehr zur Wirkung kommen können. Mit Nachbestäubungen in tachinenreichen Gebieten ist größte Vorsicht geboten. Sie sollte unterbleiben, wenn dies einigermaßen zu verantworten ist.

Schrifttum

- BAER, W., Die Tachinen als Schmarotzer der schädlichen Insekten. Berlin 1921 und Ztschr. angew. Ent. 6 u. 7, 1920 u. 1921.
- ESCHERICH, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. V. Berlin 1942.
- FINCK, E. v., Untersuchungen über die Lebensweise der Tachine *Parasetigena segregata* Rond. in der Rominter Heide (1935) sowie einige Beobachtungen über Schlupfwespen. In: WELLENSTEIN, Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. z. angew. Ent. 15, 1942.
- GÄBLER, H., Schädigungen an Laub- und Nadelholz durch Novosil und verwandte Stäubemittel und deren Wirkung auf Nonnenraupen und Nematuluslarven Ztschr. angew. Ent. 25, 1939.
- GÖSZWALD, K., Zur Biologie und Ökologie von *Parasetigena segregata* und *Sarc. schützei* nebst Bemerkungen über die forstliche Bedeutung der beiden Arten. Ztschr. angew. Ent. 21, 1935.
- LOOS, C., Einige Beobachtungen, Versuche und Untersuchungen über die Lebensweise der Tachine *Parasetigena segregata* aus Libocher Herrschaftsgebiet. Vereinsztschr. f. Forst, Jagd u. Naturk. 1916/17.
- NIKLAS, O.-F., Zum Massenwechsel der Tachine *Parasetigena segregata* in der Rominter Heide. In: WELLENSTEIN, Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. angew. Ent. 15, 1942.
- — Die Lebensweise der Raupenfliege *Parasetigena segregata* in der Rominter Heide im Hinblick auf eine biologische Bekämpfung der Nonne. Ebenda.
- NOLTE, H.-W., Die Tachinierung der Nonnenraupen in einigen sächsischen Revieren in den Jahren 1937 und 1938. Thar. Forstl. Jhrb. 90.

- PRELL, H., Die Lebensweise der Raupenfliegen. Ztschr. angew. Ent. 1, 1914.
 — — Zur Biologie der Tachine *Parasetigena segregata* und *Pans. rudis*. Ztschr. angew. Ent. 2, 1915.
 — — Zur Biologie der Nonnentachine. Vereinsschr. f. Forst-, Jagd- u. Naturk. 1916/17.
 SCHWERDTFEGER, F., Prognose und Bekämpfung forstlicher Großschädlinge. Berlin 1941.
 — — Die Waldkrankheiten. Berlin 1944.
 WACHTL, F. A., u. KORNAUTH, K., Beitrag zur Kenntnis der Morphologie, Biologie und Pathologie der Nonne. Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs H. 16.
 WELLENSTEIN, G., Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. angew. Ent. 15, 1942.

Beitrag zur Überwinterung und Fortpflanzungs- biologie von *Blitophaga opaca* L. (Coleopt.)

Von

Dr. P. BLASZYK und Dr. W. MADEL

Inhalt:

I. Einleitung. — II. Das Verhalten der Käfer im Spätsommer, Herbst und Winter. 1. Verhalten der Käfer im Spätsommer. 2. Verhalten der Käfer im Herbst und Winter. — III. Aufbewahrung des gesammelten Käfermaterials. — IV. Zuchtversuche im Gewächshaus. 1. Zuchtversuche mit nicht überwinterten Käfern. 2. Zuchtversuche mit eingewinterten Käfern. 3. Weitere Beobachtungen an den Käfern. 4. Weitere Beobachtungen an den Larven. — V. Zusammenfassung. — VI. Wichtige Literatur.

I. Einleitung

Die Untersuchungen wurden in den Monaten August 1944 bis Januar 1945 in Landsberg/Varthe im Institut für Pflanzenkrankheiten und in der Umgebung von Berlinchen (Gut Rehfeld) durchgeführt. Der Rübenaskäfer *Blitophaga opaca* L. ist als Großschädling an Zucker- und Futterrüben bekannt. Dementsprechend haben sich viele Forscher mit der Untersuchung der Lebensweise des Tieres sowie seiner Bekämpfung befaßt. Trotzdem ist aber noch eine ganze Anzahl wichtiger Fragen, die für die Bekämpfung von Bedeutung sind, offengeblieben.

Unsere Untersuchungen sollten dazu beitragen, die Frage der Überwinterung der Imagines sowie die einzelnen Daten der Lebensweise von Käfern, Larven und Puppen weiter zu klären. Wir möchten nicht versäumen, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. EIDMANN für die wertvollen Hinweise und Unterstützungen zu danken, die er uns trotz der damals so schweren Zeit zuteil werden ließ. Ebenso sind wir Herrn Prof. Dr. G. O. APPEL für die Überlassung eines Arbeitsplatzes und eines Gewächshauses in seinem damaligen Institut zu großem Dank verpflichtet. Herr Dr. G. RÖSER unterstützte uns besonders bei der Sammeltätigkeit, auch ihm sei an dieser Stelle gedankt.

II. Das Verhalten der Käfer im Spätsommer, Herbst und Winter

1. Verhalten der Käfer im Spätsommer

Für die später anzusetzenden Zuchten erwies es sich als notwendig, erhebliche Mengen Käfermaterial einzutragen und aufzubewahren, wobei sich die Möglichkeit ergab, zahlreiche Beobachtungen zu sammeln. Die ersten von uns eingebrachten Käfer wurden am 9. September 1944 auf dem etwa 10 ha großen Zuckerrübenfeld des Gutes Rehfeld bei Berlinchen gesammelt, in dessen unmittelbarer Umgebung auch die späteren Feldbeobachtungen zusammengetragen wurden. Die Käfer saßen zu dieser

Zeit selten sichtbar an den oberen Blättern; meist wurden sie erst bemerkt, wenn wir zwischen den Rübenzeilen entlangkrochen und die Pflanzen abschüttelten. Auf diese Weise konnten im Durchschnitt in 15 Minuten etwa 15—20 Käfer gefunden werden. Auffällig war, daß man an den späten Nachmittagsstunden öfter Käfer auf den obersten Blattspitzen sitzen fand.

Der Rübenschlach wurde in Abständen von mehreren Tagen abgesehen. Mit fortschreitender Jahreszeit nahm die Zahl der Käfer ständig ab, da diese offensichtlich vom Felde abwanderten. Wir änderten daher unsere Sammelmethode und gingen dazu über, die zwischen den Rübenzeilen am Boden liegenden trockenen oder vertrocknenden unteren Blätter umzudrehen, unter denen sich viele Käfer verkrochen hatten. Erwähnenswert ist, daß Anfang September zwischen den Rübenzeilen viele Exuvien von Aaskäferlarven lagen, die das Vorhandensein einer zweiten Generation möglich erscheinen ließen.

2. Verhalten der Käfer im Herbst und im Winter

In der Zeit vom 1.—21. Oktober 1944 wurden die in der Umgebung des Rübenfeldes vorhandenen Gelandeteile untersucht, die als Winterverstecke für die abgewanderten Käfer in Frage kamen. Den Literaturangaben nach mußten die Käfer in erster Linie am Rande des Waldstreifens zu finden sein, der sich an der Nordseite des Feldes hinzog. Dieser Wald grenzte zur Hälfte mit Buchen und zur Hälfte mit Kiefern an das Rübenfeld. Vom Acker aus leitete ein etwa 1 m breiter Grasstreifen zum Wald über. Im Süden wurde das Feld von einer Landstraße begrenzt, die am Rande des Rübenschlages mit Linden bestanden war, die Abstände von Baum zu Baum betrugen 10 m. Auf der anderen Straßenseite standen Weidenbäume, zwischen denen sich ein etwa 1 m breiter Grasstreifen hinzog. Nach Westen schlossen sich andere Felder dem Rübenschlach an, wogegen seine Ostgrenze von einer Obstallee (Apfelbäume) gebildet wurde. Auch hier zog sich zwischen den Bäumen eine Grasnarbe wechselnder Breite hin, die an ihrem Nordende in ein zum Kiefernwald überleitendes Buschwerk überging. Im Feld selbst befanden sich zwei mit dichtem Buschwerk bewachsene Ödlandstellen und ein Tümpel mit stark versumpften Rändern.

Nach BLUNCK und JANISCH suchen die Rübenaskäfer im Herbst die Ränder von Nadelholzbeständen auf, um unter der Streu in Humus und Sand in selbstgefertigten kugeligen Höhlen zu überwintern. BLUNCK und GÖRNITZ berichten weiter, die Käfer ausschließlich auf der Sonnenseite von Kiefern- und Fichtenschonungen unter Randbäumen gefunden zu haben. BREMER bestätigt die Beobachtungen der früheren Bearbeiter, kann aber hinzufügen, daß *Blitophaga opaca* L. auch dicht am Rande von Laubwäldern in starker Konzentration überwintert. Voraussetzung sind das Vorhandensein einer dünnen Laublage, leichter, trockener Boden und Möglichkeit der Sonnenbestrahlung. In einem waldlosen Gebiet in

der Nähe von Berlin fand BREMER den Waldrand als Überwinterungsquartier durch die zahlreichen Baumreihen ersetzt, welche die Straßen und Dämme zwischen den einzelnen Rübenfeldern einfaßten. Gegenüber den Befunden von BLUNCK und seinen Mitarbeitern ist nach BREMER der ökologische Rahmen für die Überwinterung von *Blitophaga opaca* L. vom Nadelwald zum Baum- und Strauchbestand überhaupt erweitert.

Innerhalb dieses Rahmes soll der Rübenaskäfer jedoch strenger Spezialist sein. Er wählt als Winterlager nur besonders warme, trockene und lockere Bodenstellen mit mäßiger Nadel-, Laub- oder Detritusbedeckung, wie sie auf der Sonnenseite des Grundes von Bäumen und Sträuchern, in größerer Zahl im allgemeinen aber nur an Waldrändern, und zwar vorzugsweise an Nadelwaldrändern zu finden sind. Daher hat der Käfer nach BREMER also nur dort günstige Aussichten, sich stark zu vermehren, wo der Rübenanbau auf leichterem Boden betrieben wird oder doch unmittelbar an leichteren Boden grenzt. Das Massenauftreten des Rübenaskäfers scheint also nach BREMER und den vorgenannten Autoren in hohem Grade von seiner Überwinterungsmöglichkeit abhängig zu sein. Dagegen läßt nach SCHNAUER die Verteilung des Schadgebietes in Deutschland eine Abhängigkeit von Überwinterungsmöglichkeiten nicht erkennen. Es scheint nur eine Anlehnung an die drei größten Rübenanbauggebiete Deutschlands und an die westlich davon liegenden kleineren erkennbar zu sein, aber keine Abhängigkeit von klimatischen Bezirken. Bodenarten, Geländegestaltung und Überwinterungsmöglichkeiten sind nach SCHNAUER von Einfluß auf das dauernde Schadauftreten. Die Untersuchungen HÄHNES, des letzten Bearbeiters von *Blitophaga opaca* L., zeigen, daß der Rübenaskäfer neben den von früheren Verfassern charakterisierten Winterquartieren nicht selten auch Plätze aufsucht, die andere Bedingungen aufweisen. Hierher rechnen dicke Nadelstreu an Stämmen von Hochbäumen, feuchtes Moos und die Borke von Bäumen. Die Käfer werden dort des öfteren auch dann angetroffen, wenn sich ihnen in der Nähe anscheinend günstigere Plätze bieten. HÄHNE konnte nachweisen, daß die Käfer an solchen Plätzen unter Umständen tatsächlich gut durchwintern.

Aus den Arbeiten aller Autoren geht hervor, daß die Überwinterung von *Blitophaga opaca* L. bisher nur ungenügend geklärt ist. Wir haben daher der Untersuchung dieser Frage in dem Befallsgebiet bei Rehfeld größere Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Untersuchungen wurden an der Lindenstraße begonnen, die den Rübenschat nach Süden begrenzte. Die Straße wurde auf der Nordseite von einem 2 m breiten Grasstreifen flankiert, auf dem die Linden (⊙ über dem Boden etwa 25 cm) im Abstand von 10 m standen. An der südlichen Straßenseite standen alte Weiden in unregelmäßigen Abständen auf einem etwa 1 m breiten Grasstreifen. Die Grasstreifen dienten gelegentlich als Schafweide.

Die ersten Proben wurden am Fuße von Linden genommen, die kräftigen Stockausschlag aufwiesen. Zwischen den Austrieben lagen

trockene Blätter und Aststückchen in einer etwa 3—5 cm hohen Schicht. Die darunter befindliche Erde war besonders trocken, aber nicht staubförmig und mit Laub- und Aststückchen untermischt. Der Grasbewuchs war gering. Zwischen den Wurzeln der Austriebe fanden wir unter der Laubastschicht die ersten Käfer. Die Käfer wurden in Rücken- und Normal-lage angetroffen, oft lagen sie mit dem Kopf nach unten, wie sie sich eingegraben hatte. Kugelige Höhlungen wurden nur selten beobachtet, wahrscheinlich deshalb, weil die Tiere erst vor kurzem die Winterlager aufgesucht hatten, und der Boden zu trocken war. An Bäumen mit Wurzelausschlag wurde *Blitophaga opaca* L. in starker Konzentration gefunden; z. B. an einer Linde im Umkreis von 40 cm 76 Käfer. Hier war die Häufigkeit so groß, daß in dem lockeren humosen Boden unter Laub- und Aststückchen an einer Stelle auf 20 cm² 6 Käfer lagen. Bei Bäumen ohne Stockausschlag war die Käferzahl wesentlich geringer. Sie hing dann davon ab, ob eine dichte Grasnarbe bis unmittelbar an den Baum heranreichte. Wenn der Graswuchs am Baumstamm selbst 20—30 cm hoch, und der Boden durch die Graswurzeln dicht verfilzt und nicht zu feucht war, erwiesen sich diese Stellen als gern angenommene Winterverstecke. Mit zunehmender Entfernung vom Baum nahmen im allgemeinen auch die Dichte der Grasnarbe sowie die Grashöhe und damit auch die Häufigkeit der Käfer ab. Es trat aber auch der umgekehrte Fall ein, daß die Grasnarbe zwischen den Bäumen üppiger entwickelt war als am Stamm selbst. Dann fanden sich an Stellen mit höherem Graswuchs stets mehr Käfer als unmittelbar um den Baumstamm herum. Beispielsweise fanden sich nach vergeblicher Suche in der kurzen Grasnarbe an einem Baumstamm in einer Entfernung von 3 m unter 20 cm hohem Gras auf lockerem humosem Boden, der leicht mit Moos überwachsen war, auf 1 m² 20 Käfer, d. h., es wurden insgesamt auf einer 5 m² großen, dem Käfer zusagenden Fläche 100 Exemplare gefunden. Die Häufigkeit wechselte etwas und erreichte in einem Grasstück von 20 × 25 cm Größe ihren höchsten Wert mit einer Zahl von 6 Käfern. Vereinzelt innerhalb dieses Bezirkes liegende Grasboden mit fester Erde und kurzem Bewuchs enthielten keine Käfer.

Die gleichen Verhältnisse fanden sich an der Obstallee, die den Rübenschlach im Osten begrenzte. Auch hier wurde die Straße zu beiden Seiten von breiten Grasrainen eingefabt, und die Verteilung der Käfer war ganz auffällig von der Beschaffenheit der Grasnarbe, nicht aber von der Baumnähe abhängig.

Diese ersten Untersuchungen zeigten, daß trockener, doch nicht staubfeiner Boden unter einer dichten, möglichst 20—30 cm hohen Grasnarbe als bevorzugter Überwinterungsplatz für *Blitophaga opaca* L. diente. Die unmittelbare Umgebung der Bäume wurde nur dann gewählt, wenn das Gras dort besonders dicht bzw. Stockaustriebe reichlich vorhanden waren. Eine Anreicherung der Käfer in Mulden und kleinen Tälern des Geländes war deutlich festzustellen.

Die Lager der Käfer befanden sich zwischen den Stockausschlägen wie oben beschrieben, zwischen den dicht verfilzten Graswurzeln in 3 bis 5 cm Tiefe, aus denen die Tiere oft nur mit Mühe herauszuschütteln waren. Die Graswurzeln mußten, um alle vorhandenen Käfer aufzufinden, in kleine Stücke gerissen werden. Nur ein geringer Teil der Käfer befand sich 1—2 cm tief unmittelbar unter der Oberfläche unter trockenem Laub oder Gras.

Um das Bild von den vorhandenen Überwinterungsmöglichkeiten zu vervollständigen, wurden die innerhalb des Schlags liegenden erhöhten, mit Birken- und Buschwerk bestandenen Ödlandinseln, sowie die Grasnarbe um den innerhalb des Feldes liegenden Tümpel untersucht. An keiner Stelle konnten Käfer gefunden werden.

Eine flüchtige Untersuchung des Buchenwaldrandes im Norden des Schlags ergab nur geringe Befunde. In der Grasnarbe, unter Steinen und Laub wurden einige wenige Käfer gesammelt, das Mittel lag bei 3 Käfern je Quadratmeter. An anderen sehr trockenen Stellen mit spärlicher Grasnarbe war in vielen Quadratmetern untersuchter Fläche kein Käfer zu finden.

Um die Verhältnisse am Waldrand genauer zu klären, wurde das Befallsgebiet am 11. und 12. Dezember 1944 nochmals aufgesucht. Die Untersuchungen mußten bei leichtem Schnee und -4°C , aber noch offenem Boden durchgeführt werden.

Folgende Proben wurden ausgewertet:

Probe 1: Grasstreifen $0,5 \times 2$ m, Längsseite 1,5 m vom Ackerrand entfernt, Abstand von der ersten Baumreihe des Waldrandes (etwa 30jähriger Kiefernbestand) etwa 2 m. Dichte Grasnarbe, leicht verfilzt, dazwischen *Hieracium* und Moos. Boden trocken, sandig.

Ergebnis: 18 lebende Käfer, 2 tote Käfer, 1 Flügeldecke.

Probe 2: Größe der Fläche, Abstand vom Acker- und Waldrand wie Probe 1. Gras dünner, stärkere Moosdecke. Deutlich nasse Stelle, die einige Zeit unter Wasser gestanden haben muß. Boden sehr feucht, lehmig.

Ergebnis: 1 lebender Käfer.

Probe 3: Baumscheibe, \varnothing 95 cm. Baum in der ersten Reihe, vom Acker 1,5 m entfernt.

Ergebnis: 5 lebende Käfer (nur unter Gras, keine unter Streu).

Probe 4: Baumscheibe, \varnothing 95 cm. Baum der ersten Reihe, 2 m vom Ackerrand entfernt, Gras um den Baum herum sehr dicht.

Ergebnis: 16 lebende Käfer, 1 toter Käfer (verpilzt), 3 Flügeldecken.

Probe 5: Baumscheibe, \varnothing 75 cm. Baum der ersten Reihe, 2,5 m vom Acker entfernt, Grasdecke wechselnd.

Ergebnis: 5 lebende Käfer, 1 Flügeldecke. Käfer nur in dichtem Graswurzelwerk.

Probe 6: Baumscheibe, Φ 75 cm. Baum 4,5 m vom Acker entfernt. Erste Reihe, starke Nadelstreu, leichter Grasbewuchs nur an der dem Acker zugekehrten Seite des Baumes.

Ergebnis: 6 lebende Käfer, 9 Flügeldecken.

Probe 7: Baumscheibe, Φ 75 cm. Baum 4,5 m vom Acker entfernt. Erste Reihe, dichter Grasbewuchs nur an der dem Acker zugewendeten Seite des Baumes, sonst Nadelstreu.

Ergebnis: 2 lebende Käfer, 1 toter Käfer (verpilzt).

Probe 8: Grasstreifen $0,5 \times 1$ m, direkt am Ackerrand, lockerer und niedriger Bewuchs.

Ergebnis: 1 Flügeldecke.

Probe 9: Baumscheibe, Φ 75 cm. Erste Baumreihe, 10 m vom Ackerrand entfernt, dichte Nadelstreu, wenig Gras.

Ergebnis: 2 lebende Käfer, 1 Flügeldecke.

Probe 10: Baumscheibe, Φ 75 cm. Erste Reihe, 10 m vom Ackerrand entfernt. Viel dichtes Gras, ohne Nadelstreu.

Ergebnis: 7 lebende Käfer.

Probe 11: Feldrain, am Rande des Buchenwaldes. Erste Baumreihe, 2 m vom Acker entfernt. Probestfläche $0,5 \times 2$ m, äußere Längsseite etwa 20 cm vom Ackerrand entfernt. Dichte Grasdecke mit Laub und Nadeln durchsetzt.

Ergebnis: 13 lebende Käfer, 1 Flügeldecke.

Probe 12: Grasstreifen am Waldrand, unmittelbar an den Ackerrand anstoßend, $0,5 \times 0,5$ m. Überhängende Fichtenzweige, Grasnarbe flach verwurzelt, dünne Nadelstreu.

Ergebnis: 1 Käfer.

Proben 13—17: 5 Baumscheiben von Buchen, durchschnittlicher Φ 1 m. Bäume 2—5 m vom Waldrand entfernt. Erste bis zweite Baumreihe, dicke Laubschicht.

Ergebnis: Keine Käfer.

Neben den beschriebenen Proben wurden noch zahlreiche weitere im Wald untersucht, etwa 10—20 m vom Ackerrand entfernt. Der Boden war hier fast ausschließlich mit dichter Nadelstreu bedeckt. Es wurde nur 1 lebender Käfer, etwa 10 m vom Ackerrand entfernt, unter der Streu gefunden. Verschärfung des Frostes und einsetzender Schneefall verhinderten die Fortsetzung der Arbeiten.

Die Untersuchungen über die Überwinterung von *Blitophaga opaca* L. haben ergeben:

1. Der Rübenaskäfer ist nicht an sonnige Waldränder als Überwinterungsquartiere gebunden. Obwohl solche Waldränder in ausreichendem Maße in unmittelbarer Nähe des befallenen Ackers vorhanden waren, befanden sich die Käfer zahlreich am Fuße von Straßenbäumen und in der Grasnarbe der Wegraine zwischen den Bäumen.

2. Entscheidend für die Eignung eines Platzes als Winterlager ist nicht die Baumnähe, sondern die Beschaffenheit des Grasbewuchses und des Bodens. Je dichter und verfilzter die Grasnarbe ist, um so geeigneter erscheint sie als Winterlager für *Blitophaga opaca* L. Der Boden darf nicht feucht sein, bevorzugt wird ganz entschieden trockener, humoser oder sandiger Boden. Staubbörmige Bodenbeschaffenheit wird sicher gemieden.

Die Bedeutung der Bäume für die Überwinterung des Rübenaskäfers dürfte darin liegen, daß die Käfer im Herbst auf Grund der ausgeprägten negativen Phototaxis dorthin geleitet werden. Die endgültige Verteilung wird dann aber sicher von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig sein.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der Käfer in fast allen Teilen des Landes — vielleicht mit Ausnahme der Marschen, Moore und Flußniederungen — geeignete Überwinterungsmöglichkeiten finden kann, und daß die Ausbreitung des Tieres über nicht oder bisher nur schwach besiedelte Räume nicht von dem Fehlen bestimmter Winterquartiere (z. B. Waldränder) abhängig ist.

III. Aufbewahrung des gesammelten Käfermaterials

Es ergab sich für uns die Notwendigkeit, die für die Zuchten vorgesehenen Käfer sorgfältig und ohne Schaden für die Tiere aufzubewahren. Die beim Sammeln anfallenden Käfer lassen sich nicht in beliebig großer Zahl in kleinere Behälter verpacken, aufbewahren oder versenden, da sie sich in kurzer Zeit durch die Absonderung von Anal- und Magensaften stark beschmutzen. Es haben sich Pappkartons von $15 \times 3 \times 3$ cm bewahrt, in denen 30—50 Käfer mit etwas Moos, Laub oder Gras für einige Tage gut gehalten werden können.

Für die längere Aufbewahrung der Käfer fanden Holzkisten von den Maßen $50 \times 25 \times 20$ cm Verwendung, die mit einem mit Papiergaze bespannten Deckel versehen waren. In jede Kiste wurde zunächst eine 5—10 cm hohe Schicht trockenen, humosen Bodens gebracht und darüber Grassoden von 5—10 cm Dicke gelegt. Die verwendeten Grasplatten hatten ein dichtes Wurzelwerk und wurden so gelegt, daß sie die Erdschicht lückenlos bedeckten. In die so vorbereiteten Kisten setzten wir 150—250 Käfer ein. Die Käfer krochen sofort nach unten. Ein Teil der Tiere richtete sich in dem dichtesten Wurzelwerk der Grasballen zum Winterschlaf ein, die anderen gruben sich weiter nach unten und lagen dann schließlich zwischen den Grassoden und der unteren Bodenschicht.

Die Vorratskisten wurden unter einem Schuppendach im Freien aufgestellt. Die Temperaturen blieben hier im Durchschnitt um 2°C höher als an ungeschützten Stellen. Die tiefste Temperatur, der die Käfer in den Kisten ausgesetzt waren, betrug -8°C . Um etwaige Kälteverluste zu vermeiden, brachten wir die Kisten dann in einem geschlossenen Schuppen unter, in dem die Temperaturen etwa um den Gefrierpunkt lagen.

Die Vorratskisten wurden laufend kontrolliert. Es zeigte sich, daß der Boden in den Kisten sehr stark austrocknete und fast staubförmig wurde. In einer Kiste sind einige Käfer, die nicht unter den Grasballen lagen und der Austrocknung daher besonders ausgesetzt waren, wahrscheinlich infolge der Trockenheit abgestorben. Es wurde daraufhin in allen Kisten zwischen die untere Bodenschicht und die Grasplatten eine etwa 3 cm starke Schicht feuchter, aber noch normal krümelnder Komposterde gestreut. Bei dieser Behandlung hielten sich die Käfer sehr gut, die Mortalität schwankte bei den einzelnen Kisten zwischen 2—5 % und war auch bei den Mitte Januar kontrollierten nicht höher.

IV. Zuchtversuche im Gewächshaus

Es war das Ziel der Zuchtversuche, *Blitophaga opaca* L. in größerer Zahl heranzuziehen, um unabhängig von der Jahreszeit verschiedene Untersuchungen durchführen zu können, die aber infolge des weiteren Kriegsverlaufes unterbleiben mußten. Wenn die Zuchtversuche auch nur Mittel zum Zweck waren, so soll hier doch etwas eingehender darüber berichtet werden, da sie uns manchen Einblick in die Fortpflanzungsbiologie von *Blitophaga opaca* gewährten. Über die Fortpflanzung dieses Käfers in der Gefangenschaft war bisher nur wenig bekannt. Die in der Literatur (HEYMONS und v. Lengerken) beschriebenen Züchtungen behandelten lediglich die Haltung von Einzeltieren in kleinen Glasgefäßen.

Für die Zuchtversuche stand uns ein großes Gewächshaus zur Verfügung. Das mit einem hohen Satteldach (Firsthöhe 3,60 m) versehene Haus hatte die Grundmaße 16 × 6 m, so daß neben den durchgehenden 1 m breiten Seitentischen ein 2 m breiter Mitteltisch zur Verfügung stand. Das Haus war durch Schiebetüren in der Mitte zu teilen. Die eine Hälfte des Hauses wies eine um mehrere Grade tiefere Temperatur auf.

Mitte August wurden die Tische mit einer 10 cm starken Schicht Komposterde bedeckt, wozu die Seitenränder der Tische erhöht werden mußten. Die Erdschicht darf nicht niedriger sein, da die Anzucht der Rübenpflanzen sonst nicht befriedigend verläuft.

Auf den Tischen säten wir Zuckerrüben in Reihen im Abstand von 15 cm aus. Die Rüben liefen sehr schnell auf, entwickelten sich gut und wurden nach 3 Wochen verzogen, um das Wachstum der einzelnen Pflanzen zu fördern. Aus Versuchsgründen wurde Oktober/November ein großer Teil der Rüben besonders in der wärmeren Hälfte des Hauses entfernt und unter die Tische gepflanzt. Es wurden sofort Rüben und auch Spinat nachgesät, so daß später bei Bedarf Futterpflanzen verschiedenen Alters in genügender Menge vorhanden waren.

1. Zuchtversuche mit nicht überwinterten Käfern

Die ersten Zuchtversuche begannen wir mit 120 Käfern, die am 9. und 11. September 1944 in Rehfeld auf den Feldern gesammelt worden waren. Ein Teil dieser Käfer wurde zunächst in Aquarien von den

Maßen $25 \times 15 \times 15$ cm und zylindrischen Mäusezuchtgläsern gehalten, die eine 3 cm hohe Erdschicht mit pikierten jungen Rübenpflanzen enthielten. Diese Methode bewährte sich nicht, da die Käfer sich gegenseitig zu stark behinderten.

Es wurde daher für die Zucht eine sogenannte „feuchte Kammer“ eingerichtet. Die Kammer entsprach einem kleinen Gewächshaus von 150 cm Länge und 98 cm Breite. Die vordere Höhe betrug 73 cm, die hintere 52 cm. Vorn hatte die Kammer drei herausnehmbare Einsatzfenster von den Maßen 50×73 cm. Den Boden der feuchten Kammer füllten wir — ebenso wie die Tische — mit einer 10 cm hohen Erdschicht an. Zehn mit jungen Rüben bepflanzte Petrischalen wurden verteilt in den Boden eingelassen. Um einen ausreichenden Luft- und Feuchtigkeitsaustausch zu gewährleisten, ersetzten wir das mittlere Einsatzfenster durch eine 30 cm hohe Scheibe. Dies hatte den Nachteil, daß viele Käfer aus der Kammer entwichen, indem sie innen an den gestrichenen Eisenstäben hochkletterten oder bei höheren Temperaturen durch die obere Öffnung abflogen. Ein Verschuß der Öffnung durch Gaze bewährte sich wegen der Steigerung der relativen Luftfeuchtigkeit auf fast 100 % nicht. In späteren Versuchen konnten wir das Entweichen der Käfer durch Einbau von Glassperren erschweren.

Am 20. September 1944 wurden die Käfer in die Kammer gesetzt. Sie verhielten sich zunächst wie im Freiland, d. h. sie fraßen an warmen Tagen lebhaft und verkrochen sich an trüben kühlen Tagen unter ausgelegten Tonscherben, den Petrischalen, unter Rübenblättern und zwischen Erdkrumen. Ständig nahm die Zahl der umherlaufenden Käfer ab, bis schließlich Ende September der letzte Käfer in der Erde verschwunden war. Eine Kontrolle am 2. Oktober 1944 ergab, daß die Käfer größtenteils dicht unter der Oberfläche lagen, meist in kleinen Erdhöhlen, und zwar etwa 90 % auf der dunkleren Seite der Kammer. Eine weitere Kontrolle am 13. Oktober 1944 brachte das gleiche Ergebnis. Bis zum 16. Oktober war das Gewächshaus ungeheizt. Wenn auch die Mittagstemperaturen — besonders bei klarem Wetter — 18 – 20°C , ja in einigen Fällen sogar 25°C betrugen, so lagen doch die Nacht- und Morgentemperaturen nur zwischen $6,5$ und 13°C . Die Abendtemperaturen überschritten 18°C nicht. Die Erdtemperaturen lagen nachts und morgens gleichfalls zwischen 7 und 14°C , sie erhöhten sich nur über Mittag stark. Der Beginn der Heizung hatte naturgemäß ein starkes Ansteigen — besonders der Morgen- und Abendtemperaturen zur Folge. Außerdem waren die Schwankungen wesentlich geringer. Am 19. Oktober 1944 kam dann auch der erste Käfer zum Vorschein, am 20. Oktober waren es 3 Käfer, von denen einer fast 5 Stunden lang lebhaft fraß. Bis zum 25. Oktober änderte sich das Verhalten und die Zahl der Käfer nicht wesentlich. Am 28. Oktober wuchs die Zahl der beobachteten Käfer auf 10 Stück an. Die Tiere waren träge, da die Temperatur nur 14°C betrug. Die Zahl der aktiven Käfer

wechselte bis zum 9. November ständig und war wesentlich von Temperatur- und Lichtverhältnissen abhängig. In diesen Tagen wurden mehrere verpilzte Käfer auf dem Boden gefunden. Am 9.—10. November beobachteten wir die ersten Kopulationsversuche. Von Mitte November ab begannen die Käfer besonders lebhaft zu fressen. Sie bevorzugten Roggenkeimlinge, sofern diese länger als 15 cm ausgewachsen waren. Die Keimlinge wurden stets von den Spitzen aus befreissen. Mit besonderer Vorliebe nahmen die Käfer auch angequollene Weizen- und Roggenkörner an, die sie sehr schnell ausfraßen. Selbst harte Weizenkörner wurden von den Käfern verzehrt. Die Zahl der aktiven Käfer stieg nun ständig. Kopulierende Käfer wurden häufig beobachtet, am 23. November 1944 fanden wir die ersten Larven. Der Larvenanfall blieb erstaunlicherweise sehr gering: in der Zeit vom 23. November bis zum 5. Dezember 1944 erhielten wir nur 47 Larven. Vom 6. bis zum 13. Dezember stieg die Zahl etwas an, es schlüpften weitere 64 Larven.

Der Mißerfolg der ersten Zucht ist so zu erklären, daß der Boden zu trocken gehalten wurde, wie es von den meisten Autoren für die Entwicklung von *Blitophaga opaca* L. als günstig angegeben wird. Bei zu großer Trockenheit können sich die Eier aber nicht entwickeln und schrumpfen, ebenso wie sie bei zu großer Feuchtigkeit im Boden verfaulen. Den Junglarven ist die Trockenheit der oberen Bodenschicht ebenfalls unzutraglich, wie uns zahlreiche tot gefundene ausgetrocknete Larven bewiesen. Wie wir bei den späteren Versuchen eindeutig ermittelten, war auch das Nahrungsangebot für die Käfer zu gering, um eine Eiproduktion zu ermöglichen. Vom 13. Dezember ab wurden keine Larven mehr gefunden, und die Käfer zogen sich allmählich in den Boden zurück, so daß die Kammer schon am 20. Dezember 1944 einen völlig unbewohnten Eindruck machte. Eine Siebung des Bodens am 12. Dezember ergab, daß alle Käfer dicht unter der Oberfläche in Ruhe lagen, nur ein Käfer war tot.

Die frisch geschlüpften Larven wurden täglich herausgefangen und in eine andere Kammer gleicher Beschaffenheit gesetzt, wo ihnen reichliche Nahrung zur Verfügung stand. Da die Kammer nicht genügend abgedichtet war, entkam eine ganze Anzahl der Larven. Ein Teil ging außerdem schon im ersten und zweiten Stadium zugrunde, da auch in dieser Kammer der Boden zu trocken gehalten war. Am 20. Dezember fanden wir bei einer Siebung des Bodens die ersten beiden Jungkäfer. Außerdem waren noch fünf lebensfähige und zwei tote Puppen vorhanden.

Die Zuchtversuche mit den im September auf Rübenfeldern gesammelten Käfern haben gezeigt, daß die Käfer nach ihrem Reifefraß (?) eine mindestens dreiwöchige Ruheperiode durchmachten. Bei Einwirkung höherer Temperaturen kamen die Tiere aus dem Boden hervor und schritten nach einer 3—4wöchigen Fraßzeit zur Fortpflanzung. Eine Einwirkung tiefer Temperaturen während der Ruhe war nicht notwendig.

2. Zuchtversuche mit eingewinterten Käfern

a) Behandlung der Käfer

Die im folgenden beschriebenen Zuchtversuche führten wir mit Käfern durch, die Mitte Oktober draußen in den Winterlagern gesammelt und nach der beschriebenen Methode in den Vorratskisten aufbewahrt worden waren.

Am 20. November 1944 wurde die erste Kiste mit 230 Käfern von draußen in ein Kalthaus gebracht, wo die Temperaturen um 10°C lagen. Nach 4 Tagen kam die Kiste in ein temperiertes Haus (Temperaturen zwischen 12° und 15°C), am 28. November früh in das Warmhaus, dessen Temperaturen wesentlich höher lagen: Mittags wurden bis zum 15. Dezember Werte von 20°C und mehr erreicht, die Durchschnittstemperatur lag über 17°C .

Schon am 29. November zeigten sich die ersten Käfer. Der Rasen in der Kiste wurde leicht überbraust, außerdem legten wir Rübenblätter hinein, die täglich erneuert werden mußten. Die hervorkommenden Käfer sogen begierig aus dem Boden Feuchtigkeit, nur wenige begannen an den Blättern zu fressen. Die Abwanderung aus den Winterverstecken vollzog sich ziemlich gleichmäßig bis zum 13. Dezember. Die Hauptabwanderung war in den Mittagsstunden während der höchsten Temperaturen zu beobachten. Unter 17°C blieben die Käfer im Boden. Eine Siebung des Kisteninhaltes am 13. Dezember ergab, daß auf die beschriebene Weise nicht alle Käfer aktiviert worden waren. Es wurden im Boden noch 20 Tiere in typischer Winterschlafstellung gefunden, das sind etwa 10% der bis zum 13. Dezember abgewanderten Käfer.

Die aus dem Boden hervorkommenden Käfer wurden täglich abgesammelt und in ein Aquarium gesetzt, in welchem sie reichlich Nahrung erhielten, bestehend aus Rübenpflanzen, jungen Spinatpflanzen, Roggen- und Weizenkeimlingen. Die Käfer fraßen zunächst nur mäßig, ein erheblicher Prozentsatz ging sofort wieder in den Boden. Am 2. Dezember wurden versuchsweise 20 Käfer aus dem Aquarium in einem mit Futterpflanzen versehenen Glas in den Thermostaten gesetzt, wo sie bei 24°C 18 Stunden verblieben. Durch die hohe Temperatur angeregt, fraßen diese Tiere äußerst lebhaft. In ein Aquarium zurückgesetzt, das im Warmhaus stand, ging der größte Teil der Käfer nicht wieder in den Boden, sondern die Tiere fraßen weiter und begannen nach einigen Tagen zu kopulieren. Es wurden nun sämtliche Käfer der ersten Vorratskiste in dieser Weise behandelt. Nach der Thermostatenpassage kamen sie in eine der schon oben beschriebenen großen Zuchtkammern, wo sie reichlich Nahrung in Form von größeren Rübenpflanzen, Roggen- und Weizenkeimlingen vorfanden. Die Rübenpflanzen wurden je nach Größe einzeln oder zu mehreren in Petrischalen gepflanzt und die Schalen so tief in den Boden gedrückt, daß die Käfer leicht an die Pflanze herankamen. Nach den Erfahrungen des ersten Kammerversuches erhöhten wir die Anzahl der bepflanzen Petrischalen auf etwa 20 Stück. Stark befressene

und beschmutzte Pflanzen wurden durch frische ersetzt. Das Getreide versuchten wir zuerst in der Kammer anzusäen. Diese Methode bewährte sich nicht, weil die Spitzen der Keimlinge abgefressen wurden und die stehengebliebenen Teile zu faulen begannen. Auf den Boden gestreute Körner befraßen die Käfer, nachdem sie zu quellen begonnen hatten. Die Körnerreste mußten entfernt werden, da sie schimmelten. Wir zogen es daher später vor, Weizen und Roggen in Töpfen und Pikierkästen auszusäen, und die Keimlinge, sobald sie 15—20 cm hoch waren, abzuschneiden und in kleinen Haufen auf den Boden der Kammer zu legen. Das Getreide blieb stets mehrere Tage liegen und wurde im frischen wie auch im welken Zustande gern befressen. Auffällig war, daß sich die Käfer in großer Zahl unter und in den Halmlaufen aufhielten, wo sie auch lebhaft kopulierten und in dem darunter befindlichen Boden ihre Eier ablegten.

Die Erfahrungen des ersten Versuches hatten gezeigt, daß bei zu großer Trockenheit des Bodens viele Eier und Larven zugrunde gehen. Da die Eier nach unseren Beobachtungen in den oberen zwei Zentimetern des Bodens abgelegt werden, war besonders darauf zu achten, daß diese Bodenschicht stets gleichmäßig durchfeuchtet blieb. Zu große Nässe mußte aber streng vermieden werden, um das Faulen der Eier zu verhindern. Es erwies sich als zweckmäßig, den Boden täglich mit Hilfe einer kleinen Kanne zu begießen.

Die relative Luftfeuchtigkeit in der Kammer lag meist zwischen 80 und 90 %, nur selten etwas darunter oder darüber. Schon im vorigen Versuch hatten wir beobachtet, daß die Käfer bei höheren Temperaturen und bei gutem Licht sehr lebhaft sind. Aus diesem Grunde wurde die Kammer morgens von 7—9 Uhr und abends von 16—18 Uhr, an trüben Tagen den ganzen Tag über durch eine 60-Watt-Birne beleuchtet.

Bei den beschriebenen Versuchsbedingungen fühlten sich die Käfer sehr wohl, so daß wir bereits 14 Tage nach dem Ansetzen der Käfer (Vorratskiste) die ersten Larven erhielten.

Die Zahl der täglich anfallenden Larven lag in der Zeit vom 15. Dezember 1944 bis 4. Januar 1945 mit geringen Abweichungen zwischen 40 und 50 Stück. Darauf stieg sie plötzlich stark an, und es wurden bis zum 14. Januar täglich 100—120 Larven gezählt. Ab 15. Januar sank die tägliche Larvenzahl auf 30—50 Stück, um danach ab 26. Januar abermals stark anzusteigen. Am 27. Januar mußte der Versuch abgebrochen werden.

Im Oktober gesammelte Käfer, die wir in zwei Vorratskisten aufbewahrt hatten und am 10. Dezember nach allmählicher Gewöhnung an höhere Temperaturen in der oben beschriebenen Weise hielten, lieferten die gleichen Ergebnisse wie die früher angesetzten.

Weiterhin wurden am 20. Dezember nach der beschriebenen Gewöhnung 80 am 11. und 12. Dezember 1944 in Rehfeld im Winterlager gesammelte Käfer in einer Vorratskiste im Warmhaus angesetzt. Sie

wichen in ihrem Verhalten nicht von den anderen im Oktober gesammelten Käfern ab.

Die Käfer wurden wieder täglich aus den Vorratskisten abgesammelt und in kleine Aquarien gesetzt. Die Thermostatenbehandlung blieb jedoch aus. Käfer, die in den Aquarien gefressen hatten, waren leicht dadurch kenntlich, daß sie bei leichtem Druck einen dunkelgrünen Magensafttropfen austreten ließen. Diese Käfer wurden täglich herausgesucht und in eine Zuchtkammer gesetzt. Die ersten Käfer dieser Reihe begannen am 25. Dezember 1944 zu fressen, die ersten Larven schlüpften am 4. Januar 1945, also gleichfalls etwa 14 Tage, nachdem die Käfer mit dem Reifungsfraß begonnen hatten.

Der Larvenanfall war gleich in den ersten Tagen sehr hoch und schwankte zwischen 80 und 120 Stück täglich. Doch vom 10. Januar ab war eine deutliche Abnahme der Larvenzahl infolge zu starker Beheizung der Zuchtkammern von unten zu erkennen.

Im Bestreben, die Zucht einfacher zu gestalten, wurde auf dem 2 m breiten Mitteltisch des Gewächshauses eine Fläche von 6 m² mit Glasscheiben eingefalt. Wir verwendeten Scheiben von den Maßen 15 × 25 cm, die in fortlaufender Reihe in den Boden gesteckt wurden, so daß die um die Fläche entstehende Glaswand 10 cm hoch ragte. Die einzelnen Scheiben wurden untereinander mit Klebstreifen zusammengehalten und die rauen Nahtstellen innen — wo die Scheiben zusammenstießen — mit Wasserglas bestrichen, um den Käfern das Herausklettern zu erschweren. Die so begrenzte Fläche war mit jungen 14tägigen bis 4 Wochen alten Rübenpflanzen bestellt, die in dichten Reihen standen. Auf dem Tisch wurden noch 30 große 4 Monate alte Rübenpflanzen ausgepflanzt, und in der Mitte 2 Reihen Weizen gesät.

Vom 5. Januar 1945 ab setzten wir sämtliche aktivierten Käfer, die aus den beschriebenen und noch weiteren in das Gewächshaus gebrachten Kisten stammten, auf dem Mitteltisch aus. Am 13. Januar kamen außerdem noch die Käfer aus der einen Zuchtkammer hinzu, deren Betrieb wegen der zu hohen Bodentemperaturen aufgegeben werden mußte. Im ganzen wurden auf dem Tischgehege 450 Käfer ausgesetzt. Hier verhielten sich die Käfer im allgemeinen weniger lebhaft als in den Zuchtkammern, da die Lufttemperatur niedriger blieb. Sehr viel niedriger, d. h. selten über 15 °C lag die Bodentemperatur, weil dieser Tisch im Gegensatz zu den Seitentischen nicht von unten zu beheizen war. Die ersten Larven zeigten sich daher hier erst am 18. Januar 1945; die tägliche Larvenzahl stieg bis zum Abbruch des Versuches am 27. Januar ständig an.

b) Behandlung der Larven

Aus den Zuchtkammern, später auch vom Mitteltisch, wurden die geschlüpften Larven täglich abgesammelt und in besondere Larvenaufzuchtkästen gesetzt. Diese Gehege hatten eine Grundfläche von 30 × 50 cm. Ihre 25 cm hohen Wände bestanden aus Glasscheiben, die

zu einem Rechteck im Boden steckten. Um die Larven am Entweichen zu hindern, müssen die Scheiben gut aneinanderpassen.

In jedem Gehege konnten bis 300 Larven gleichzeitig gehalten werden. Die Larven des ersten Stadiums erhielten ausschließlich Rüben- und Spinatkeimlinge. Vom zweiten Stadium ab wurden daneben auch Blätter älterer Rübenpflanzen gereicht. Gehege mit vorwiegend älteren Larven bekamen nur große Rübenblätter. Roggen- und Weizenkeimlinge nahmen die Larven im Gegensatz zu den Käfern nur ungern an. Die Aufzuchtverluste waren im ersten und zweiten Stadium äußerst gering und spielten praktisch keine Rolle.

Um Ausfälle durch zu enge Besetzung, wie wir es in einem Gehege mit Larven im dritten Stadium erlebten, zu vermeiden, wurde ein großes, etwa 7 m² messendes Freigehege geschaffen, in derselben Art, wie es oben für die Käferhaltung beschrieben ist. Die Bepflanzung entsprach den für die Käfer geschilderten Verhältnissen. Auf dieser Fläche hielten wir etwa 2000 Larven, die ohne wesentliche Verluste heranwuchsen. Der Bestand an jungen Pflanzen ist von den Larven fast restlos abgefressen worden, obwohl noch zusätzlich mit Rübenblättern gefüttert wurde.

In den erst benutzten kleinen Gehegen war eine ganze Anzahl von älteren Larven zur Verpuppung in die Erde gegangen. Jungkäfer erschienen jedoch nicht. Eine Untersuchung des Bodens ergab nur einen Jungkäfer, außerdem fanden sich zahlreiche Puppen. Infolge der zu niedrigen Bodentemperatur, die in der Erde des Mitteltisches fast immer unter dem kritischen Kältepunkt von 15,2 °C lag, kamen die Puppen nicht zur Entwicklung. Es fanden sich bereits einige tote, durch beginnende Fäulnis verfärbte Puppen.

Um den Puppen die zu ihrer Entwicklung notwendige Temperatur zu bieten, wurden sie aus der Erde der kleinen Gehege gesucht und in Holzkisten gebracht, die eine 10 cm hohe schwach feuchte Schicht Komposterde enthielten. Die Puppen kamen etwa 2 cm tief in die Erde, entsprechend der Tiefe, in welcher sie gefunden waren. Die mit den Puppen beschickten Kisten stellten wir über die Heizung, so daß der Boden eine Temperatur von 19–21 °C erreichte. Zwei Tage danach schlüpfen die ersten Käfer, deren Abdomen nach oben gekrümmt und deren Flügel verkrüppelt waren. Auch die in den folgenden Tagen schlüpfenden Käfer waren in der gleichen Weise in verschiedenem Grade mißgestaltet und nicht lebensfähig. Auf 30 verkrüppelte Käfer kamen nur 2 normale Jungkäfer zur Entwicklung. Die Ursache für diese beobachtete Mißbildung ist wahrscheinlich in dem Umbetten der sehr verletzlichen Puppen zu suchen. Wir wählten auf Grund dieses Mißerfolges einen anderen Weg, um das Umbetten der Puppen auszuschalten und normale Käfer zu erzielen.

Die kurz vor der Verpuppung stehenden Larven des dritten Stadiums setzten wir auf einen von unten heizbaren Seitentisch, der wie die anderen Tische von Glasscheiben eingefast und mit Rüben bepflanzt wurde. Die

Grundfläche dieses Tisches betrug 3 m². Hier traten keine spürbaren Larvenausfälle mehr ein. Nach wenigen Tagen bohrten sich die Larven in die Erde, um sich zu verpuppen. Dieser Verpuppungstisch konnte jetzt laufend mit verpuppungsreifen Larven von den anderen Tischen beschickt werden, da diese sehr bald in die Erde gingen und eine zu große Larvendichte nicht zu befürchten war. Da der Versuch vorzeitig abgebrochen werden mußte, waren abschließende Ergebnisse nicht zu ermitteln. Nach unseren gemachten Erfahrungen dürfte es sicher sein, daß diese Art der Haltung der älteren Larven die normale Verpuppung, die Puppenentwicklung und das Schlüpfen normaler Käfer gewährleistet.

3. Weitere Beobachtungen an den Käfern

Es ist in einem großen Gewächshaus ohne zahlreiche Hilfskräfte und bei einem bescheidenen Kohlenvorrat nicht möglich, die Temperaturen einigermaßen konstant zu halten. Für das Gelingen der Zucht ist dieser Faktor ohne Bedeutung, da auch in freier Natur die Temperatur starken Schwankungen unterliegt. Voraussetzung ist aber, daß die Temperatur sich in dem Bereich bewegt, der allen Entwicklungsstadien zusagt. Der Ablauf der Lebensäußerungen läßt sich bei dem Arbeiten mit nicht konstanten Temperaturen zu diesen nicht in kurvenmäßige Beziehungen bringen. Es ist daher notwendig, die zahlreichen Einzelbeobachtungen zu sammeln, um erkennen zu können, in welcher Weise die Entwicklung der einzelnen Stadien sowie ihre Lebensäußerungen von bestimmten Temperaturbereichen abhängig sind. Das gleiche trifft für die relative Luftfeuchtigkeit zu, wenn diese nicht konstant zu halten ist.

Die Beobachtungen ergaben, daß die Käfer bei Temperaturen bis 15 °C sehr träge waren. Der größte Teil verkroch sich unter Blättern, Tonscherben und in der Erde. Jedoch waren ständig auch einige Tiere draußen, die sich langsam und träge bewegten und etwas Nahrung aufnahmen. Bei gutem Licht (Besonnung oder künstliche Beleuchtung) waren die Käfer bei niedrigen Temperaturen lebhafter als bei trübem Wetter. In diesem Temperaturbereich waren Kopula und Kopulationsversuche nicht zu beobachten.

Bei 16—18 °C war die Lebenstätigkeit der Käfer schon sichtlich erhöht. Besonders bei gutem Licht befand sich der größte Teil der Tiere draußen, die Bewegungen waren lebhaft, es wurde stark gefressen. Die Käfer kopulierten häufig.

Zwischen 18 und 20 °C schienen sich die Käfer am wohlsten zu fühlen. Die Laufbewegungen waren äußerst behende, bei 19—20 °C machten die Käfer häufig erfolgreiche Flugversuche, meistens von erhöhten Punkten aus. Die sehr lebhaften Käfer erreichten bei ihrem ziellosen Herumlaufen bald die Grenzen ihres Geheges und liefen dann an der Innenseite der Glaswände entlang. Die Käfer drängten sich häufig in den Ecken der Gehege zusammen und saßen dort in dichten Haufen. Diese unerwünschte Erscheinung konnten wir dadurch beseitigen, daß die Rübenpflanzen möglichst nahe an die Wand herangestellt wurden und so

die laufenden Käfer ablenkten. Außerdem bewährte es sich, die Ecken der Kammern und des großen Tischgeheges mit kleinen Haufen von Getreidekeimlingen auszulegen, unter denen sich ein erheblicher Teil der Käfer sammelte. Das unruhige Umherlaufen der Käfer wurde auf diese Weise verhindert, und es hatte den Anschein, daß dadurch die Eiproduktion im Zusammenhang mit einem gewissen Überangebot von Nahrung günstig beeinflußt werden konnte. Die Lebhaftigkeit der Tiere in diesem optimalen Temperaturbereich hatte oft zur Folge, daß zahlreiche Käfer aus den Gehegen entwichen. Entweder kletterten sie an den Streben der Kammern nach oben und fanden die Öffnung, oder aber es gelang ihnen, bei ihren Flugversuchen herauszukommen. Der lebhaft ausgebreitungsdrang der Käfer entspricht offenbar der Ausbreitungstendenz in freier Natur bei ähnlichen Temperaturverhältnissen.

In unseren Versuchen erreichten wir selten höhere Temperaturen als 20 °C. Bis 22 °C verhielten sich die Käfer nicht wesentlich anders, ausgenommen, daß sich die Fluglust noch steigerte.

Die beobachteten Zusammenhänge zwischen dem Verhalten der Käfer zu den verschiedenen Temperaturen beziehen sich auf eine relative Luftfeuchte von 80—90 % und auf eine gleichmäßige mittlere Bodenfeuchtigkeit.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß stärkere Belichtung die Käfer anregt. Fraßtätigkeit, Beweglichkeit und Kopulationsneigung werden erheblich gesteigert.

4. Weitere Beobachtungen an den Larven

Bei den Zuchtversuchen stellte es sich sehr bald heraus, daß es vorteilhaft ist, die Junglarven gleich nach dem Schlüpfen aus den Käfergehegen herauszunehmen und gesondert aufzuziehen. Dies war schon deshalb notwendig, um eine Kontrolle über den Larvenanfall zu haben. Außerdem erschien es zweckmäßig, den Larven zarteres Futter zu geben, als es die Käfer erhielten. Die Larven wurden, um sie nicht zu verletzen, mit kleinen an langen Stäben befestigten Löffeln abgesammelt. Über die Fütterung der Larven ist schon berichtet worden. Die jungen Spinat- und Rübenpflanzen wurden teils in Petrischalen pikiert, teils auch lose auf den Boden gelegt. Wie bei den Käfern mußte auch hier darauf geachtet werden, daß stets ein gewisses Überangebot von Nahrung vorhanden war. Bei dichtem Larvenbesatz eines Geheges waren die Pflanzen nach 24 Stunden stark benagt und noch stärker mit Kot verschmutzt, so daß sie ausgewechselt werden mußten.

Auch bei den Larven war besonders darauf zu achten, daß die Ecken der Gehege gut mit jungen Pflanzen ausgelegt waren, da auch sie sich gern in den Ecken zusammendrängten und unter Umständen verhungerten, wenn sie dort keine Nahrung fanden.

Bei den auf dem 7 m² großen Tischgehege gehaltenen Larven beobachteten wir, daß diese im ersten Stadium nur in geringem Maße das

Bedürfnis hatten, ihre Nahrungspflanzen zu wechseln. Sie blieben im allgemeinen bis zur ersten Häutung dort, wo sie ausgesetzt wurden. Erst im zweiten Stadium machte sich bei den Larven ein Ausbreitungstrieb geltend. Sie krochen lebhaft umher, fraßen an verschiedenen Pflanzen, und ein großer Teil drängte sich schließlich an den Seiten der Versuchsfäche längs der Glasscheiben zusammen. Da die Pflanzen an den Seiten sehr bald abgefressen waren, mußte hier zusätzlich gefüttert werden, um eine Schädigung der Larven durch Nahrungsmangel zu verhindern.

In Aufzuchtversuchen mit zahlreichen Larven ist es angebracht, für Versteckmöglichkeiten zu sorgen, damit die Tiere genügend Plätze haben, wo sie sich ungestört häuten können. Zu diesem Zweck legten wir Blumentopfscherben aus, unter die sich die Larven gern zur Häutung zurückzogen. Viele Larven häuteten sich außerdem an aufrecht stehenden Blättern, an denen die Exuvien dann hängenblieben. Es wurde mehrfach beobachtet, daß frisch geschlüpfte Larven unmittelbar nach dem Verlassen der Larvenhaut von anderen angefressen wurden. Wesentliche Ausfälle durch Kannibalismus entstanden jedoch nicht.

Bei der Larvenaufzucht ist darauf zu achten, daß die einzelnen Stadien verschiedene Vorzugstemperaturen haben. Während die jungen Larven etwa $14,5^{\circ}\text{C}$ bevorzugen, sind die älteren bei dieser Temperatur sehr träge, da ihr Optimum bei etwa 17°C liegt (nach BLUNCK und JANISCH). Für die Puppen ist der kritische Kältepunkt, bei dem die Entwicklung zum Stillstand kommt, mit $15,2^{\circ}\text{C}$ sehr hoch. Eine so hohe Bodentemperatur läßt sich im Winter im Gewächshaus nur mit heizbaren Tischen erzielen, oder die Lufttemperatur muß auch während der Nacht entsprechend hoch gehalten werden.

V. Zusammenfassung

1. Die Überwinterung der Käfer ist entgegen den Schilderungen der meisten früheren Bearbeiter nicht an die besonnten Ränder von Laub- und Nadelwäldern gebunden. Sie überwintern ebenso gern am Fuße von Straßenbäumen und in der Grasnarbe der Wegraine zwischen den Bäumen. Entscheidend für die Eignung eines Platzes als Winterlager ist nicht die Baumnähe, sondern die Beschaffenheit des Grasbewuchses und des Bodens.
2. Aus den Überwinterungsgewohnheiten von *Blitophaga opaca* L. geht hervor, daß die Art wohl überall — mit Ausnahme ausgedehnter Niederungen mit schwerem kaltem Boden — geeignete Winterverstecke finden kann, und die Ausbreitung des Käfers praktisch nicht durch das Fehlen von Winterquartieren behindert wird.
3. Im Winterlager gesammelte Käfer ließen sich ohne Schwierigkeiten in großer Zahl in mit Erde und Grasballen ausgelegten Holzkisten längere Zeit bei Freilandtemperaturen aufbewahren. Die Mortalität blieb bei dieser Art der Aufbewahrung gering und überschritt in keinem Fall 5% .

4. Mitte September auf den Feldern gesammelte Käfer ließen sich nach kurzer Ruheperiode zur Fortpflanzung bringen, ohne daß eine Einwirkung tiefer Temperatur notwendig war.
5. Eingewinterte Käfer konnten in allen Wintermonaten durch Einwirkung von Temperaturen über 17°C aktiviert und bei zusagenden Wärme-, Feuchtigkeits- und Nahrungsverhältnissen binnen 1 bis 2 Wochen zur Eiablage gebracht werden.
6. Neben den beschriebenen Zuchtkammern hat sich besonders die Haltung der Käfer auf großen freien, mit Glasplatten eingefassten Flächen (Gewächshaustische) bewährt. Bei Temperaturen von $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$, einer relativen Luftfeuchtigkeit von $80\text{--}90\%$, einer mittleren gleichmäßigen Bodenfeuchte, guter Belichtung und einem gewissen Nahrungsüberangebot (junge und alte Rübenpflanzen, Weizen- und Roggenkeimlinge) schreiten die Tiere leicht zur Fortpflanzung.
7. Für die Haltung der Larven aller Stadien bewährten sich große, mit Glasscheiben eingefasste Gewächshaustische. Nahrung in Form von jungen Rübenpflanzen und Spinatpflanzen für die ersten Stadien, ältere Rübenpflanzen und Blätter für die späteren Stadien mußten ausreichend geboten werden. Bei dieser Haltung wuchsen die Larven ohne wesentliche Verluste heran.
8. Verpuppungsreife Larven müssen in Gehegen gehalten werden, deren Bodentemperaturen über 16°C liegen.

Schrifttum

1. BLUNCK und GÖRNITZ, Lebensgeschichte und Bekämpfung der Rübenaskäfer. Arbeiten d. Biol. Reichsanst. XII, 31, 1923.
2. BLUNCK und JANISCH, Bericht über Versuche zur Bekämpfung der Rübenaskäfer im Jahre 1923. Arb. d. Biol. Reichsanst. XIII, 433, 1925.
3. BREMER, H., Die Überwinterung des Rübenaskäfers. Anz. f. Schädlingkd. 3. Jahrg., 1, 1927.
4. HÄHNE, H., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Rübenaskäfers *Blitophaga opaca* L. Arb. d. Biol. Reichsanst. 1930.
5. HEYMONS und v. LINGERKEN, Studien und Lebenserscheinungen der *Sulphini*, IV. *Blitophaga opaca* L. Ztschr. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere 14, Heft 1, 1929.
6. SCHNAUER, W., Untersuchungen über Schadgebiet und Umweltfaktoren einiger landwirtschaftlicher Schädlinge. Ztschr. f. angew. Ent. 15, 1929.

Studien zur Biologie und Bekämpfung der Kaffeewanzen (*Antestia lineaticollis* Stål. und *A. faceta* Germ.) in Ostafrika

Von

Dr. H. G. FIEDLER

Mit 3 Abbildungen

Inhalt:

A. Einleitung. — B. Biotop — C. Zuchtmethodik. — D. Biologie. — 1. Das Ei. 2. Die Larve. 3. Die Imago. a) Allgemeines Verhalten. b) Paarung. c) Eiablage. d) Generationsdauer. — E. Massenwechsel. — F. *Antestia* und Kaffeebaum. — 1. Vorkommen im Kaffee. 2. Nahrungsbedarf. 3. Wanzen-schäden. a) Blüten. b) Kirschen. c) Zweige. — G. Feinde. — H. Bekämpfung. — I. Zusammenfassung. — J. Literaturverzeichnis.

A. Einleitung

Die Kaffeewanzen sind für den Pflanze die unangenehmsten Schädlinge der Kaffeekulturen, da ihre Tätigkeit innerhalb kurzer Zeit empfindliche Schäden und Verluste an der Ernte verursachen kann, ohne daß sich diese durch die Regenerationsfähigkeit des Baumes und besondere Kulturmaßnahmen wenigstens bis zu einem bestimmten Grad wieder ausgleichen lassen, wie es bei den Schädigern der vegetativen Organe der Fall ist (Miniermotte, Kaffeerost). Ernteauffälle von 80 % und mehr sind keine Seltenheit. Eine ständige Kontrolle des Wanzenauftretens, sowie die schnelle Durchführung einer erfolgreichen Bekämpfung sind daher ein lebensnotwendiges Gebot für den Pflanze.

Wegen ihrer großen ökonomischen Bedeutung waren diese Wanzen schon frühzeitig ein Studienobjekt der tropischen angewandten Entomologie in den verschiedensten Kolonialgebieten Afrikas. Die wichtigsten modernen Autoren sind: In Kenya ANDERSON (1919), in Uganda GOWDEY (1918), WILKINSON (1924), HARGREAVES (1930, 1936) und in Tanganyika KIRKPATRICK (1937) auf der Versuchsstation Amani, Usambara. Vergleicht man die Ergebnisse der räumlich weit getrennt arbeitenden Autoren, so zeigen sie starke Abweichungen, oftmals gerade in den wichtigsten Punkten, was sowohl durch die verschiedenartigen Umweltfaktoren der einzelnen Arbeitsbereiche, als auch durch teilweises Fehlen von meteorologischen Aufzeichnungen und Verzicht auf Freilandversuchen entstanden sein kann.

Im Hinblick auf die bisher herrschende Unklarheit der für eine erfolgreiche Bekämpfung so notwendigen biologischen Daten soll in nachfolgender Abhandlung der Versuch unternommen werden, auf Grund eigener Beobachtungen in Freiland und Labor mit Temperaturkontrolle, sowie durch kritische Betrachtung aller vorliegenden Ergebnisse einen Beitrag zur Klärung der für die Praxis wichtigen biologischen Fragen zu liefern. Die Morphologie wird nur so weit berücksichtigt werden, als es sich um die Mitteilung neuer Tatsachen handelt.

Die Untersuchungen wurden im Kaffeeanbaugebiet des Kilimandscharo und Meru ausgeführt. Hier wie in den anderen, hauptsächlich von Europäern erschlossenen Kaffeedistrikten Ostafrikas werden die *Coffea arabica*-Sorten „Bourbon“, „Kent“ und „Blue Mountain“ kultiviert, welche die qualitativ hochwertigen „sauren“ Kaffees liefern.

In allen diesen Gebieten wird die *Antestia lineaticollis* Stål. (Pentatomid.) zu einem Schädling ersten Ranges. Die übrigen Kaffeewanzenarten erlangen nur teilweise eine örtliche Bedeutung. So tritt im Untersuchungsgebiet noch eine kleinere Verwandte auf, die *Antestia faceta* Germ., deren geringe praktische Bedeutung sich bereits durch die Häufigkeit der beiden Spezies ausdrückt, die sich wie hundert zu eins verhält. Da die Lebensäußerungen und Schadwirkung beider Arten in den wesentlichen Punkten gleich sind, finden sie nachstehend eine gemeinsame Behandlung.

Vor Eintritt in die Materie sei an dieser Stelle Herrn HEINZ BUEB aufrichtig gedankt, der durch seine großzügige Unterstützung erst das Zustandekommen der Untersuchungen ermöglichte.

B. Biotop

Die Kaffeewanzen besiedeln alle Teile des Anbaugebietes, von den untersten Pflanzungen (900 m) bis hinauf an den Urwaldrand (1700 m). Das ganze Jahr über sind sie dort anzutreffen, wenn auch die zahlenmäßige Häufigkeit einem jahreszeitlichen Wechsel unterliegt. Überall ist ihre Vermehrungsgröße derart hoch, daß mindestens einmal im Jahre eine Bekämpfung durchgeführt werden muß.

Außerhalb der Pflanzungen, sowohl im Urwald als auch in der Savanne und den benachbarten Flußtalern wurden keine *Antestia*-Wanzen gesichtet. Jedoch erwähnt HARGREAVES (1936) für Uganda das Vorkommen von *A. lineaticollis* auf *Canthium*-Arten, und LE PELLEY (1934) hat im Kiambudistrikt (Kenya) diese Wanzenart auf *Psychotria nigropunctata* Hiern. gefunden. In beiden Fällen soll sie sich auf der Pflanze vermehrt haben. Daß es sich hierbei um die ursprünglichen Futterpflanzen handelt, erscheint auf Grund von HARGREAVES Bemerkung zweifelhaft, wonach die *Antestia* in Nähe von Kaffeesträuchern keine Vorliebe für *Canthium*-Gewächse zeigt. Wie das Wanzenvorkommen auf den wilden Kaffees im Süden von Tanganyika und in Portugiesisch-Ostafrika ist, bedarf noch der Klärung.

In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß mit sehr großer Wahrscheinlichkeit die als Schattenbaum dienende *Grevillea robusta* A. Cunn. (Silbereiche) in einigen Monaten des Jahres, nämlich zur Zeit ihrer Blüte von September bis Mitte November, den Wanzen als Futterpflanze dienen kann. Die orangefarbenen Blütenstände der Grevilleen sondern in reichlichem Maße Nektar ab, der zahlreiche Insekten aller Art anlockt. Erfahrene Kaffeepflanzer erklärten, während der Blüte Kaffeewanzen auf den Silbereichen gesehen zu haben. Sogar Eigelege sollen dort gefunden worden sein. Eigene positive Beobachtungen wurden hierüber nicht gemacht. Auf jeden Fall ist es aber auffällig, daß nach der Grevilleenblüte (also im Laufe des November) sich in jedem Jahre ein starkes Anwachsen der *Antestia* bemerkbar macht. Da die Wanze eine starke Vorliebe für süße Säfte hat, besteht wohl der Verdacht zu Recht, daß sie auch die Grevilleenblüten als willkommene Nahrungsquelle benutzt, zumal in dieser Jahreszeit auf den unteren Pflanzungen alle Kirschen schon geerntet sind. Jedoch bedarf diese Frage noch einer eingehenden Untersuchung.

C. Zuchtmethodik

Alle Versuche unter Laborbedingungen wurden auf einer vollständig offenen Veranda inmitten der Kaffeebestände (1100 m) vorgenommen. Zur Zucht haben sich kleine Holzrahmenkäfige mit den Ausmaßen $25 \times 25 \times 40$ cm bewährt, deren Wände mit Glas und Gaze verkleidet waren. Eine dauernde Temperaturkontrolle fand statt. Zuchten von Einzeltieren und Junglarven wurden in flachen runden Glasgefäßen von 8–10 cm Durchmesser ausgeführt, welche mittels Drahtgazedekel verschlossen wurden. Kleinere Behälter und ein fester Verschuß haben sich — besonders in der Regenzeit — als ungeeignet erwiesen. Die mikroklimatischen Bedingungen schwanken während der Regenzeit in kurzen Abständen zwischen den denkbarsten Extremen, die so weit von den natürlichen Faktoren abweichen können, daß eine regelmäßige Entwicklung der Zuchttiere in Frage gestellt wird. Ferner ist die Kontrolle und Feststellung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den kleinen Behältern schlecht durchführbar ohne besondere Hilfsgeräte, wodurch eine gesteigerte Möglichkeit zur Bildung von Schimmelpilzen gegeben ist. Außerdem hat es sich gezeigt, daß die Sterblichkeit der *Antestia* in allzu kleinen Zuchtbehältern sehr stark ansteigt.

Für die Versuche im Freiland sind mit einer Glasscheibe versehene Gazekästen ($10 \times 20 \times 30$ cm) benutzt worden, welche über sie Zweigenden gestülpt und mittels eines Gaseschlauches nach hinten abgeschlossen wurden. Durch die weitmaschige Stoffbespannung war eine gute Luftzirkulation gewährleistet. Eine ständige Kontrolle der Temperatur zur Einhaltung normaler klimatischer Bedingungen war leicht ausführbar und so die Möglichkeit gegeben, den Kaffeewanzen alle natürlichen Umweltbedingungen zu gewährleisten, ohne die Beobachtung zu unterbinden.

D. Biologie

1. Das Ei

Die *Antestia*-Eier, welche jeweils in kleinen Gelegen abgesetzt werden, besitzen eine fast kuglich-ovale Form mit den Ausmaßen von $0,9 \times 1,0$ mm. Die frischen Eier sind milchigweiß; ihre Oberfläche ist fein wabenartig strukturiert. In 0,2 mm Abstand vom Apex läuft um das Ei eine helle Markierungslinie, worin beim Schlüpfen der Junglarven die obere Eicalotte abspringt. Nach einigen Tagen verfärbt sich das entwickelnde Ei schwach gelblichbraun. Vor dem Schlüpfen kann man den Embryo deutlich durch die Eischale hindurchschimmern sehen. Der kugliche Embryo liegt fast senkrecht im Eiraum, nur das Abdominalende ist leicht ventral gebogen. Das braungelbe Abdomen mit seinen zwei dorsalen, orangefarbenen Flecken, den indischroten Makeln, die in Höhe der Markierungslinie liegen, und einem hellroten, langen Flecken in der Mittellinie des Kopfes sind am Ei deutlich wahrnehmbar. Am dorsalen Teil des Kopfes in Höhe der horizontalen Markierungslinie sitzt der Eizahn des Embryos. Dieser besteht aus einem leicht gebogenen Chitindreieck, dessen Mittellinien durch Chitinleisten verstärkt werden und in ihrem Schnittpunkt eine stumpfe Spitze bilden, die genau unter der Markierungslinie zu liegen kommt. Von der Basis des Dreiecks, die dem Apex zugewandt ist, zieht ein Band über den Kopf des Embryos zur Ventralseite, wo es kurz unterhalb der perforierten Linie an der Innenseite der Eischale festgeheftet ist.

Beim Schlüpfvorgang strafft der Embryo seinen Körper in der Längsrichtung. Hierdurch übt er mit dem Kopf einen Druck auf das Eizahnband aus, was bewirkt, daß die Spitze des Eizahnes gegen die Markierungslinie gepreßt und somit der apikale Eideckel auf der Dorsal-seite abgesprengt wird. Durch den so entstandenen Spalt schiebt sich die junge Larve hinaus, wobei sie den Deckel mitsamt dem Eizahn hochklappt. Dieser bleibt mit den Embryonalhüllen im Ei zurück. Auf den Eirand gestützt legt sich die Larve dann nach hinten über, entfaltet die Extremitäten und neigt sich dann auf die Ventralseite über, um gänzlich aus der Schale zu klettern. Der Schlüpfvorgang dauert 10 bis

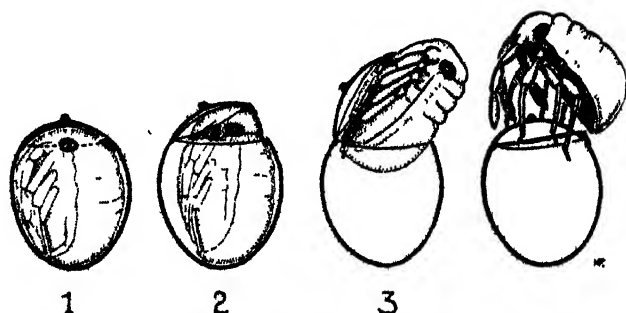


Abb. 1. Schlüpfvorgang der *Antestia*-Larve (40fach)

15 Minuten. Danach bleibt die Larve ruhig auf der leeren Eischale sitzen. In 3 Stunden hat ihr Körper die normale Farbe erreicht.

Allgemein dauert die Entwicklung der Eier von *lineaticollis* in den heißen Monaten (Dezember—März) 5—8 Tage; die meisten Gelege schlüpfen in 6 Tagen bei den Monatsmitteln von 22,0—23,4 °C. In der Regenzeit steigt die Länge des Eistadiums proportional dem Fallen der Monatsmittel an, die von April—Juni von 21,0 ° auf 18,0 °C fielen. Als Extrem wurde die Entwicklungsdauer von 12 Tagen gemessen.

Das Ei von *faceta* benötigt in der heißen Zeit 5—6 Tage zur Entwicklung; für die kühle Zeit fehlen Beobachtungen. Die ermittelten Werte decken sich allgemein mit denen der anderen Autoren.

2. Die Larve

Die Lebenseseigentümlichkeiten der Larven gleichen weitgehend denen der Imagines. Nur das erste Stadium macht davon eine Ausnahme. Im zweiten werden allmählich die Gewohnheiten der Altlarven und damit der Imagines angenommen.

Nach dem Schlüpfen verbleiben die jungen Larven noch 3—4 Tage dicht beisammengedrängt auf den leeren Eischalen sitzen, ohne eine Nahrung zu sich zu nehmen. Nach dieser Zeit verlassen sie zur gleichen Stunde den Schalenhaufen und es erfolgt die erste Nahrungsaufnahme, wenn möglich in unmittelbarer Nähe. Am nächsten oder übernächsten Tage (also 4—5 Tage nach dem Schlüpfen) beginnen die Larven einzeln umherzuwandern. Von nun an ist eine regelmäßige Nahrungsaufnahme erforderlich. Es werden Kaffeekirschen aller Reifestadien sowie Blütenknospen besaugt. Das erste Larvenstadium dauert 5—8, im Mittel 6 Tage.

Im Gegensatz zu KIRKPATRICK gelang es in keinem Falle, die Junglarven ohne Nahrung oder Wasserzufuhr zur ersten Häutung zu bewegen. Die Tiere wurden zu diesem Zwecke bei einer Temperatur von 20,7 °C in geschlossenen Gefäßen gehalten. Sie starben stets nach 6 bis 7 Tagen ab, ohne Anstalten zur Häutung gemacht zu haben. Vielleicht handelte es sich bei KIRKPATRICK um offene Gefäße, zu denen die Luftfeuchtigkeit und eventuell der Tau Zutritt hatten.

In der Regel häuten sich alle Larven eines Geleges das erste mal am gleichen Tage, nur ausnahmsweise verteilt sich die erste Häutung auf zwei aufeinander folgende Tage. Zu Beginn des Häutungsprozesses platzt die alte Larvenhaut an der Trennungslinie zwischen Kopfkapsel und Halsschild, dorsal quer zur Körperachse auf. Durch diesen Spalt schlüpft das noch weiche Tier hinaus. Die neuen Zeichenelemente des nächsten Stadiums sind bereits alle vorhanden, wenn auch erst in schwachen Farben. Die später schwarzen Partien sind vorerst grün. Die alte Haut wird nach rückwärts abgestreift, wo sie liegenbleibt.

Die Länge der fünf Larvenstadien ist sehr verschieden. Ein Unterschied in der Entwicklung beider Geschlechter konnte nicht beobachtet

werden. Die Dauer der einzelnen Stadien ist abhängig von der Temperatur und, wie KIRKPATRICK gezeigt hat, auch weitgehend von der gebotenen Nahrung. Die Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit ist noch nicht geklärt.

Es wurden bei beiden Arten Versuche zur Larvenentwicklung angestellt, wobei größtmögliche Rücksicht auf die natürlichen klimatischen Bedingungen und das sich jahreszeitlich bietende Kirschenmaterial genommen wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 für beide Wanzenarten zusammengestellt. Ein Vergleich der beiden Aufstellungen zeigt, daß die Entwicklungsdauer von *faceta* etwa ein Fünftel bis ein Sechstel kürzer ist.

Tabelle 1 gibt außerdem eine Gegenüberstellung der Entwicklungszeiten in den heißen, trockenen Monaten (Januar—März) und den kühlen Regenmonaten (April—Juni). Allgemein läßt sich am Klimawechsel, der sich bei der Temperatur während der Untersuchungszeit durch Absinken der Mittel von 23,9 auf 21,6° C bemerkbar machte, feststellen, daß die Larvenentwicklung durchschnittlich um etwa 10 Tage, also um 18,5 % ansteigt. Die individuellen Schwankungen in der Entwicklungszeit sind zu allen Jahreszeiten groß. Die gemessenen Extreme von *lineaticollis* waren in der Trockenzeit 48 und 61 Tage und in der Regenzeit 55 und 80 Tage. In gleicher Weise variiert natürlich die Länge der einzelnen

Tabelle 1

Dauer der Larvenentwicklung in Tagen von *Antestia lineaticollis* Stul. und *A. faceta* Germ.

Nr.	Schlüpf-tag	1. Stadium	2. Stadium	3. Stadium	4. Stadium	5. Stadium	Letzte Häutung	Larvenzeit	Mitteltemp. °C
<i>A. lineaticollis</i>									
1	6. I.	8	18	9	15	13	10. 3.	57	23,9
2	9. I.	7	15—18	10—13	10—11	13	6—10. 3.	56—60	23,9
3	10. I.	7	15—19	9—10	11	12—13	6.—10. 3.	55—59	23,9
4	11. I.	6	14—17	8—15	9—11	14	5.—13. 3.	53—61	23,9
5	11. I.	7	14	8	11	13	5. 3.	53	23,9
6	15. I.	6	11—12	9—16	8—11	11—13	4.—11. 3.	48—55	23,9
7	17. I.	6	14—15	11—14	9—10	12—13	11.—15. 3.	53—57	23,9
8	20. I.	6—7	11—14	11	9	13	11.—15. 3.	50—54	23,9
9	21. I.	6	13—14	10—11	8—9	12	11—14. 3.	49—52	23,9
Trockenzeit:		6,6	14,7	10,7	10,3	12,8	—	55	23,9
10	18. 3.	6	7—10	10—11	12—13	19	12.—15. 5	55—58	21,9
11	22. 3.	6	10—16	11	9—13	21—38	18. 5.—4. 6	57—74	21,8
12	26. 3.	5	11—17	13—18	12—19	21	27. 5.—14. 6.	62—80	21,6
13	27. 3.	6	11—12	8—10	9—11	23—25	24.—31. 5.	58—65	21,6
14	3. 4.	7	10—15	10—17	13—14	24—25	7—19. 6.	65—77	21,1
Regenzeit:		6	11,9	11,9	12,5	22,6	—	65	21,6

A. faceta

15	20. I.	6	9—10	7—9	9—10	11—12	4.—7. 3.	43—46	23,9
16	12. 3.	6	11—14	6—7	5—8	13—16	23. 4.—1. 5.	42—50	21,9

Stadien. Im Mittel beträgt die Dauer eines Stadiums 10—14 Tage mit Ausnahme des ersten, dessen Länge durchschnittlich 6—7 Tage beträgt. Bemerkenswert ist die Verlängerung des letzten (5.) Larvenstadiums infolge der kühlen Regenzeit im Mittel um 9,6 Tage oder 75 %, wodurch hauptsächlich der Unterschied in der Gesamtlänge der Entwicklung hervorgerufen wird. Zu erwähnen ist ferner die längere Dauer des ersten wie auch des zweiten Stadiums während der warmen Monate Januar und Februar. Wie aber KIRKPATRICK (S. 261, Tafel 7) gezeigt hat, wird die Larvendauer durch Verfütterung von „alten grünen Kirschen“ abgekürzt, während „junge grüne“ und „reife rote Kirschen“ auf die Entwicklung verlängernd wirken sollen. Zeitlich gesehen kann dieser Umstand hier eine Rolle spielen.

Der Vergleich zwischen den anderen Autoren und der Tabelle 1 ergibt folgende Verschiedenheiten: Die Beobachtungen von KIRKPATRICK decken sich in großen Zügen mit den gefundenen Entwicklungszeiten. Die Angaben der übrigen Autoren lassen sich nur bedingt in die Betrachtung mit einbeziehen, da Klimaangaben gänzlich fehlen. Die Zeiten von ANDERSON (Kabete) sind auffällig und erscheinen außergewöhnlich. Er gibt unter anderem an: 2. Stadium 11—47 Tage (Juni—Sept.) im Mittel 33 Tage; 3. Stadium 8—66 Tage (August—Okt.) im Mittel 22,5 Tage; 4. Stadium 13—59 Tage (Sept.—Dez.) im Mittel 22,5 Tage und 5. Stadium 8—37 Tage (Sept.—Dez.) im Mittel 23,3 Tage. Zu den erwähnten Maxima fanden sich in den Zuchten des Verfassers Parallelerscheinungen, wobei es sich stets um einen abnormen Entwicklungsgang — anscheinend durch Krankheit nicht parasitären Ursprungs verursacht — handelte, denn alle Tiere starben nach dem extrem langen Stadium ab.

Nachstehende außerordentliche Werte wurden mehrmals gemessen: 2. Stadium bis 26 Tage, 3. Stadium bis 56 Tage, 4. Stadium bis 33 Tage. Für die Ermittlung der Larvendauer sind aber diese Angaben ohne praktische Bedeutung.

Auf Grund seiner Fütterungsversuche mit a) „jungen grünen Kirschen“, b) „alten grünen Kirschen“ und c) „reifen roten Kirschen“ kommt KIRKPATRICK (S. 260, Tafel 8) zu dem Schluß, das „junge grüne Kirschen“ eine besonders auffällige Sterblichkeit unter den Larven des 2. Stadiums hervorrufen. Er stützt sich hierbei auf Beobachtungen im Labor. Dazu muß bemerkt werden, daß in den *Antestia*-Zuchten allgemein diese Beobachtung gemacht werden mußte, welche Futterart auch immer den Larven des 2. Stadiums gegeben wurde. Die Larven dieses Stadiums besitzen augenscheinlich nur eine geringere Widerstandskraft. In den Zuchten von KIRKPATRICK starben auf Grund der „jungen grünen Kirschen“, zu denen er die 2—3 Monate alten Früchte rechnet, in der kühlen Zeit (Tafel 8, 30 Versuchstiere) 36,7 % der Larven des 2. Stadiums und in der warmen Zeit Ende Dezember (Fußnote S. 260, 13 Versuchstiere) sogar 76,9 % der Larven. Wenn diese Zahlen allgemeine Gültigkeit für die Praxis besitzen sollen, so müßte sich zu

einer Zeit, wo nur junge Kirschen an den Sträuchern sitzen, ein starker Rückgang der *Antestia* bemerkbar machen. Die Voraussetzungen für diese Erscheinung treten fast in jedem Jahre in den Monaten November bis Februar auf den mittleren Pflanzungen des Kilimandscharo ein, wenn nach einer starken Blüte im November nur junge Früchte an den Bäumen hängen. Jedoch im Gegensatz zu KIRKPATRICKS Angaben tritt im Freiland alljährlich ein ständiges starkes Anwachsen der Wanzen auch unter diesen „ungünstigen“ Futterbedingungen in Erscheinung. Alle gemachten Beobachtungen deuten aber darauf hin, daß bei Zuchten im Labor Bedingungen eintreten können, welche besonders für das 2. Larvenstadium verhängnisvoll werden und wobei sich eventuell ein spezielles Futter nach der ungünstigen Seite fördernd auswirkt. Das Beispiel zeigt auch, mit welchen Vorbehalten durch Laborversuche in den Tropen gewonnene Ergebnisse für die Praxis verallgemeinert werden dürfen.

Die Larven der ersten beiden Stadien sind im Gegensatz zu den Altlarven und Vollkerfen noch nicht befähigt, mit ihren Saugrüssel das festere Endocarp (spätere Pergamentschale) der großen grünen Kirschen zu durchbohren und an den Samenanlagen selbst zu saugen. Diese ersten Stadien können also dadurch den *Nematospora*-Pilz auf die Bohnen der großen Kirschen noch nicht übertragen, dessen Schadwirkung in den folgenden Kapiteln näher behandelt wird.

3. Die Imago

Die Imagines beider Arten unterscheiden sich deutlich voneinander in Färbung und Größe. Innerhalb der Arten besteht ein Sexualdimorphismus im Größenverhältnis. Die Weibchen sind in jedem Falle größer als die Männchen. Eine zahlenmäßige Übersicht der Körperlängen beider Arten wird in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2
Größenverhältnisse der *Antestia*-Imagines. Maße in Millimeter

Species	<i>lineaticollis</i>		<i>faceta</i>	
Geschlecht	♀	♂	♀	♂
Maximum	7,8	6,8	7,0	5,9
Minimum	7,1	6,2	5,9	5,3
Durchschnitt	7,4	6,5	6,4	5,5
Verhältnis	1,14 : 1		1,16 : 1	
Standardabweichung	± 0,17	± 0,17	± 0,29	± 0,22

a) Allgemeines Verhalten

Die durchschnittliche Lebensdauer der Imagines von *lineaticollis* betrug in den Zuchten für die Weibchen 95 Tage und 85 Tage für die Männchen, wozu auch die Imagines gerechnet wurden, deren Larven aus dem Freiland stammten und teilweise mit *Corioxenos antestiae* Blair

(Strepsipteron) befallen waren. Als Maximalzeiten wurden 142 Tage für die Weibchen und 114 Tage für die Männchen beobachtet. In der heißen Zeit (Dez.—März) lag der Durchschnitt etwas niedriger, 85 Tage für Weibchen und 82 Tage für Männchen. Im Laufe der kühlen Regenzeit (April—Juni) stieg der Durchschnitt an, die Weibchen auf 113 und die Männchen auf 99 Tage. Bei *faceta* erreichte ein Weibchen 182 Tage und ein Männchen 167 Tage.

Die gemessenen Durchschnittswerte liegen zwischen den Angaben von GOWDEY (Weibchen und Männchen 16 Tage) und WILKINSON (Weibchen und Männchen 57 Tage) auf der einen Seite und ANDERSON (Weibchen 131 Tage, Männchen 106 Tage) und KIRKPATRICK (Weibchen 121—131 Tage, Männchen 98—106 Tage) auf der anderen Seite. Die Werte der ersten beiden Autoren scheinen das Ergebnis außergewöhnlicher Laborbedingungen darzustellen und werden für die Praxis besser nicht berücksichtigt.

Die Kaffeewanzen beider Arten und ihre Larven sind an allen oberirdischen Teilen des Kaffeestrauches anzutreffen. Am liebsten sitzen sie zwischen den Blüten- oder Kirschenquirnen, also in der Nähe ihrer Nahrungsquellen. Bei Annäherung einer Gefahr verstecken sie sich, indem sie schnell auf die abgewandte Seite des Zweiges laufen. Die Imagines sind nicht sehr fluglustig. Sie fliegen selten ohne Störung auf; nur in den Nachmittagsstunden besonders heißer und schwüler Tage führen sie hin und wieder einen kurzen freiwilligen Flug aus. Bei unmittelbarer Gefahr lassen sich die Wanzen von den Zweigen hinabfallen. Im Fallen öffnen sie kurz über dem Erdboden ihre Flügel, fliegen eine Strecke weit über dem Boden dahin und landen in einiger Entfernung auf einem anderen Strauch.

Die Kaffeewanzen haben eine besondere Methode, sich aus der Rückenlage wieder auf die Beine zu richten, indem sie die seitlich ausgestreckten Hinterextremitäten ruckartig gegen die Unterlage schlagen. Auf Grund der gewölbten Oberseite des Abdomens fallen sie bald mit einigen kräftigen Schwüngen auf die Beine.

Zur Kotentleerung begeben sich die Wanzen stets an die Unterseite der Zweige und lassen ihren Körper fast senkrecht nach unten hängen, so daß das Kottropfen abfallen kann, ohne den Körper zu beschmutzen. Der Kot wird stets in Tropfen abgesetzt, welche gemäß der Nahrung glasklar und farblos bis milchig-grün, teilweise auch tief blaugrün sein können. Nach dem Eintrocknen bleibt ein lackartiger Fleck.

Zum Zwecke der Saftentnahme bohrt die *Antestia* ihren Rüssel in Kirschen und Blütenknospen. Während des Saugens stößt sie ihn fortwährend im langsamen Rhythmus in das Objekt hinein und zieht ihn dann wieder um das gleiche Stück in die Höhe. Die Länge des Saugaktes ist sehr verschieden. Er schwankt zwischen wenigen Sekunden, einer Viertelstunde und länger, je nach dem Nahrungs- und Feuchtigkeitsbedarf des Tieres, der sich in der heißen Zeit und während der Eiproduktion erheblich steigert. Ohne Nahrung können die Wanzen nur

wenige Tage leben. In angestellten Hungerversuchen mit *A. lineaticollis* starben die Weibchen nach 4—6 Tagen, die Männchen bereits nach 2—5 Tagen bei einer Mitteltemperatur von $21,1^{\circ}\text{C}$ und relativer Luftfeuchtigkeit von über 60 %. WILKINSON gibt an, daß in seinen Zuchten die Imagines ohne Nahrung schon nach 2 Tagen eingingen. Leider erwähnt er keine Witterungsbedingungen.

Die Lebenstätigkeit der *Antestia*-Wanzen ist von der Witterung stark abhängig. Allgemein ist zu sagen, daß warmes, trockenes Wetter fördernd auf die Aktivität des Schädlings wirkt, wogegen eine kühle und feuchte Witterung die gegenteilige Wirkung hervorruft. Auf Grund des hohen Wärmebedürfnisses sind die Lebensäußerungen zu den einzelnen Tageszeiten sehr verschieden. In den ersten Morgensunden findet man die Wanzen von der Nachtkälte verklammert in ihren Verstecken an den Zweigen zwischen Kirschen- oder Blütenquirlen sitzen. Die Nachttemperaturen — es wurden Minima bis zu $10,2^{\circ}\text{C}$ (1100 m) hinab gemessen — liegen häufig unterhalb der Behaglichkeitsgrenze der Wanzen, so daß diese schon in eine Art Kältestarre verfallen. Mit der aufkommenden Morgensonne werden von ihnen die äußeren Strauchpartien aufgesucht, die besonnten Zweige erfahren hierbei eine Bevorzugung. In den Mittagsstunden zieht sich die *Antestia* wieder von der Oberfläche der besonnten Strauchteile zurück. Wenn auch die Tiere jetzt wieder zum größten Teil bewegungslos in einem schattigen Winkel sitzen, ist ihre Reaktionsfähigkeit gegenüber der Morgenstunden sehr gesteigert. So hat seit einigen Stunden rege Saugtätigkeit eingesetzt. Mit dem Sinken der Sonne werden die Wanzen immer lebhafter. In den späten Nachmittagsstunden laufen sie emsig auf den Zweigen umher, und ab und zu führen einzelne Individuen einen kurzen Flug aus. In dieser Zeit wird auch hauptsächlich das Fortpflanzungsgeschäft erledigt, das nach Einbruch der Nacht fort dauern kann. Es wurden Kopulationen noch bis kurz vor Mitternacht bei einer Temperatur von 18°C beobachtet. An ausgesprochen heißen Tagen setzt die Geschlechtstätigkeit schon früher ein, also bereits in den letzten Stunden des Vormittags. Eine besonders rege Paarungslust wurde an Nachmittagen von warmen Tagen beobachtet, wenn es vorher geregnet hatte. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug dabei 60 % und mehr gegenüber von 35—20 % normaler Tage der heißen Zeit. Hingegen kann an kühlen Regentagen die Annäherung der Geschlechter gänzlich unterbleiben.

Für die Geschlechtstätigkeit von *faceta* spielt hingegen die Tageszeit nur eine geringe Rolle. Es werden Kopulationen in den frühen Morgenstunden ausgeführt, was bei *lineaticollis* nie vorkommt. Jedoch macht sich auch hier eine Steigerung der Lebensäußerungen am Nachmittag bemerkbar, so daß 50 % der Kopulationen in die Zeit von 3—6 Uhr nachmittags fallen. Im Gegensatz zu *lineaticollis* wurde bei dieser Art keine Vereinigung nach Eintritt der Dunkelheit beobachtet. Die Verteilung von 25 Kopulationen eines *faceta*-Paares innerhalb der Tagesstunden ist in Tabelle 3 wiedergegeben.

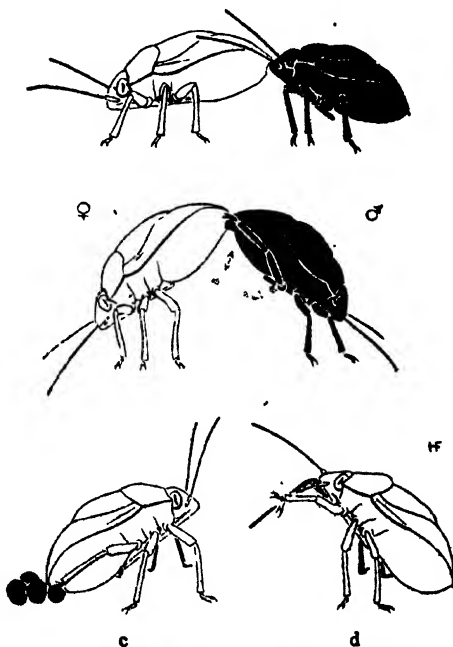
Tabelle 3

Verteilung der Kopulationen von *A. faceta* Germ.
auf die Tageszeiten

	Vormittag					Nachmittag						
Uhrzeit . . .	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Kopulation .	2	1	3	1	4	1	0	3	3	3	4	0

b) Paarung

Der eigentlichen Paarung geht bei beiden Arten ein Liebesspiel voraus, wobei das Männchen der allein aktive Teil ist. Hat ein *Antestia*-Männchen das geeignete Weibchen entdeckt, so nähert es sich, läuft einige Male um den Partner herum und betastet ihn mit den Fühlern. Dann stellt sich das Männchen hinter das still verharrende Weibchen und beginnt mit seiner Werbung, indem es bald die eine oder andere Seite des weiblichen Abdomens mit seinem vorderen Beinpaar streichelt. Zwischendurch betupft es mit seinem Kopf das weibliche Abdominalende, worauf es einige Sekunden ruhig verharret, während sein Kopf das Weibchen berührt. Plötzlich geht das Männchen etwas zurück und beginnt wieder mit dem Streicheln. Dieser Vorgang wiederholt sich verschiedene Male. Hierauf verstärkt das Männchen seine Reizversuche, indem es nicht nur mit den Vorderbeinen, sondern auch mit seinem Thorax die Seiten des Weibchens bestreicht. Dieses verhält sich zunächst ziemlich teilnahmslos gegenüber den männlichen Werbungen und läuft mehrere Male ein Stück davon. Schließlich bleibt es aber stehen und läßt sich die Werbung gefallen. Beiden Partnern bemächtigt sich nach und nach eine große Erregung, sie trippeln aufgeregt umher, das Männchen sein Reizspiel ständig fortsetzend. Mit einem Male macht das Männchen kehrt, drückt sein Hinterende gegen das weibliche Abdomen und der Begattungsakt beginnt. Das Liebesspiel dauert gewöhnlich 30—40 Minuten. Als Platz hierzu werden in der Hauptsache die äußeren, oberen Zweige des Kaffeestrauches gewählt.

Abb. 2 a *Antestia*-Paar beim Liebesspiel, b *Antestia*-Paar in Kopula, c Weibchen beim Logerakt, d Putzstellung

Während der Kopulation sitzen die Tiere abgewandt voneinander. Wenn die *immissio penis* vollzogen ist, richten die Partner ihre Körper nach hinten schräg in die Höhe, wodurch ihre Köpfe die Unterlage berühren. Während der ganzen Dauer der Vereinigung schlägt nun das Männchen mit dem letzten Beinpaar rhythmisch auf und nieder und streichelt beiderseits das Hinterende des Weibchens. Die Kopula kann über eine Stunde dauern. Hernach laufen die Tiere schnell auseinander, ohne sich weiter um den Partner zu kümmern.

Beim Liebesspiel und dem anschließenden Geschlechtsakt sind die Sinnesfunktionen der Partner stark herabgesetzt, was sich z. B. darin äußert, daß die Tiere nicht wie sonst von einer sich nähernden Gefahr Notiz nehmen und auf die abgewandte Blatt- oder Zweigseite flüchten. Sie bringen sich erst in Sicherheit, wenn sie durch Berührung gestört werden. Dann flüchtet ein kopulierendes Paar in der Weise, daß das größere Weibchen voranläuft und das kleinere Männchen rückwärts hinter sich herzieht.

Die erste Begattung der Weibchen findet 4—7 Tage vor der ersten Eiablage statt, also in der ersten Woche der Imaginalzeit. Von diesem Zeitpunkt an werden die *Antestia*-Weibchen regelmäßig begattet. Ein Weibchen wurde beobachtet, daß während seines Lebens von 162 Tagen insgesamt 30 Kopulationen ausführte. Bemerkenswert ist, daß nach Erlöschen der Legetätigkeit, was mit dem 125. Lebenstag eintrat, in den folgenden 3 Wochen noch dreimal kopuliert wurde, so daß der Fortpflanzungstrieb nicht auf eine besondere Zeitspanne beschränkt ist.

In der Legezeit finden die Begattungen durchschnittlich alle 2,6 Tage statt. Es wurden einerseits Vereinigungen an aufeinanderfolgenden Tagen beobachtet, auf der anderen Seite wurden 9 Tage als größte Zeitspanne dazwischen gezählt. Korrelationen irgendwelcher Art lassen sich zwischen Kopulation und Eiablage nicht erkennen. Wohl gehen der ersten Eiablage 1—4 Begattungen voraus, dann aber wechseln Eiablage und Begattung in bunter Folge miteinander ab, so daß zwischen den einzelnen Gelegen entweder mehrere Paarungen oder auch keine stattfinden kann. Kopulation und Eiablage können am gleichen Tage und sogar kurz hintereinander in wechselnder Reihenfolge vollzogen werden.

Daß die *Antestia*-Weibchen ihre Legetätigkeit nach kurzer Zeit einstellen, wenn sie nicht immer wieder begattet werden (WILKINSON), konnte in keinem Fall festgestellt werden. So setzte z. B. ein *faceta*-Weibchen während einer Isolationszeit von 5 Wochen 11 Gelege mit 123 Eiern ab, die alle befruchtet waren und Nachkommen ergaben.

c) Eiablage

Die Eigelege haben eine inkonstante Zahl. Im Mittel bestehen die Gelege von *lineaticollis* aus 11,5 Eiern, während die von *faceta* nur 10,9 besitzen. Nur das erste Gelege eines jungen Weibchens, und vielfach

auch noch das zweite, sind unvollständig und liegen unter dem Durchschnitt. Ebenso verhält es sich mit den letzten 2—3 Gelegen vor Erlöschen der Eiproduktion. Die Eizahl 12 kommt bei *lineaticollis* am häufigsten vor, während sich bei *faceta* die Zahlen 12 und 11 die Spitze teilen. Eine Zählung von je 50 Gelegen ergab die in Tabelle 4 aufgeführte Häufigkeit der Eizahlen.

Tabelle 4

Verteilung der Eizahlen bei je 50 Gelegen von *A. lineaticollis* und *A. faceta*

Eizahl im Gelege	7	8	9	10	11	12	13	14	
Häufigkeit der Gelege <i>lineaticollis</i>	0	1	2	3	10	32	2	0	50
<i>faceta</i>	1	3	6	8	14	18	0	0	50

Der Durchschnitt der in den Zuchten abgesetzten Gelege von *lineaticollis* betrug 12,5 mit 144 Eiern, was mit KIRKPATRICKS Beobachtungen in Amani übereinstimmt (13 Gelege mit 148 Eiern). Besonders hohe Rekordzahlen, wie sie ANDERSON (485 Eier) und HARGREAVES (300 Eier) von einzelnen Tieren berichten, traten nicht auf. Dagegen wurde eine *faceta* registriert, die in 120 Tagen 26 Gelege mit 289 Eiern produzierte.

Im Freiland wird die überwiegende Mehrzahl der Gelege an der Unterseite der Kaffeeblätter abgesetzt, in zweiter Linie werden die Kaffeekirschen berücksichtigt. Ferner wurden frische Gelege am Erdboden auf abgefallenen, trocknen Blättern, sowie Samenkapseln der Schattenbäume (*Grevillea robusta*) und auf Grashalmen gefunden. In den Zuchtkäfigen bevorzugten die Weibchen einen rauen Untergrund. So wurden die einzelnen Bestandteile der Gefäße in folgender Reihenfolge berücksichtigt: Stoffgaze, Holz, Drahtgaze, Glasscheiben. Eine besondere Vorliebe für Kaffeeblätter trat hier nicht ein.

Nachdem das legebereite Weibchen einen geeigneten Platz aufgesucht hat, drückt es das Abdominalende mit der Oviduktöffnung gegen die Unterlage. Mit langsam schaukelnden Bewegungen des Hinterkörpers wird das Ei herausgepreßt. Im gleichen Maße wie das Ei hervortritt, hebt das Tier sein Abdomen. Ist mehr als die Hälfte des Eies ins Freie gelangt, so wird der Legeakt unterstützt und beschleunigt, indem das Weibchen mit einem Hinterfuß gegen das Ei stemmt. Der ganze Legevorgang dauert 10—20 Sekunden. Danach verharrt das Tier unbeweglich bis zum Erscheinen des nächsten Eies, das durchschnittlich nach 3 Minuten erscheint. Für ein ganzes Gelege benötigt das Tier 30—40 Minuten.

Die Legetätigkeit der Weibchen beginnt in den frühen Nachmittagsstunden und wird an warmen Abenden auch nach Eintritt der Dunkelheit fortgesetzt. Gelegentlich sind Eiablagen auch am Vormittag heißer Tage beobachtet worden.

Die erste Eiablage der *lineaticollis*-Weibchen erfolgt 9—14 Tage nach dem Schlüpfen der Imago. Im Mittel beträgt die Zeitspanne 11,4 Tage (Tabelle 5).

d) Generationsdauer

Wie in Tabelle 5 gezeigt wird, beträgt die durchschnittliche Länge einer Generation von Ei zu Ei in der heißen Zeit etwa 66 ($55 + 11,4$) und in der kühlen Zeit etwa 76 Tage ($65 + 11,4$). Innerhalb des gesamten Jahreskreislaufes würde demnach die mittlere Generationslänge 71 Tage betragen.

Da die *Antestia* ihre Eier in einer größeren Zeitspanne ablegt, entsprechen die in einem Jahre möglichen mittleren Generationslängen nicht der Zahl der tatsächlichen Generationen. Als empirischer Wert war gefunden worden, daß ein Weibchen von *lineaticollis* im Durchschnitt 12,5 Gelege mit 144 Eiern in 40 Tagen produziert. Unter Berücksichtigung des ersten Geleges wird jeweils nach 71 Tagen eine neue Generation entstehen. Im Gegensatz dazu wird aber bei Berücksichtigung der zuletzt abgesetzten Gelege eine Reihe entstehen, wo nur alle 111 Tage ($71 + 40$) mit einer neuen Generation zu rechnen ist. Die schnellste Generationenfolge wäre also alle 71, die langsamste alle 111 Tage möglich. Auf den Ablauf eines Jahres bezogen, beläuft sich das Maximum auf 5,1 Generationen und das Minimum auf 3,3. Das Mittel davon liegt bei 4,2, so daß man in der Praxis als Mittelwert mit dem Vorkommen von 4 *Antestia*-Generationen in einem Jahre rechnen darf.

Tabelle 5

Dauer einer Generation von *A. lineaticollis* in der heißen Jahreszeit bei einer mittleren Temperatur von $24,0^{\circ}\text{C}$

Zucht Nr.	Eiablage der P-Generation	Schlüpfen der Larven		Schlüpfen der Imagines		1. Eiablage F ₁ -Generation		Gesamtdauer in Tagen
		am	nach Tagen	am	nach Tagen	am	nach Tagen	
1	3. I.	9 I.	6	10. 3.	60	19. 3.	9	75
2	3. I.	9. I.	6	6. 3.	56	18. 3.	12	74
3	5. I.	11. I.	6	8. 3.	56	18. 3.	10	72
4	5. I.	11. I.	6	11. 3.	59	22. 3.	11	76
5	9. I.	15. I.	6	4. 3.	48	18. 3.	14	68
6	9. I.	15. I.	6	6. 3.	50	19. 3.	13	69
7	9. I.	15. I.	6	5. 3.	49	19. 3.	14	69
8	9. I.	15. I.	6	10. 3.	54	23. 3.	13	73
9	11. I.	17. I.	6	11. 3.	53	20. 3.	9	68
10	11. I.	17. I.	6	15. 3.	57	24. 3.	9	72
11	14. I.	20. I.	6	13. 3.	52	23. 3.	10	68
12	15. I.	21. I.	6	11. 3.	49	21. 3.	10	65
13	15. I.	21. I.	6	11. 3.	49	24. 3.	13	68
14	15. I.	21. I.	6	12. 3.	50	24. 3.	12	68
15	15. 5.	21. I.	6	12. 3.	50	24. 3.	12	68
Durchschnitt			6		52,8		11,4	68,9

E. Massenwechsel

Die *Antestia*-Wanzen treten das ganze Jahr über in den Kaffeebeständen auf. Die Häufigkeit ihres Vorkommens ist jahreszeitlich verschieden und wird durch das Klima und die natürlichen Feinde reguliert. In den Pflanzungen der Europäer läßt sich der normale Jahreszyklus der Wanzen nicht genau erkennen, da mindestens zu einer Zeit des Jahres eine intensive chemische Bekämpfung dieses Schädlings stattfindet.

Allgemein ist zu sagen, daß eine trockene und warme Witterung für die Vermehrung der Wanzen günstig ist, während kühles und feuchtes Wetter hemmend wirkt. Hieraus ergibt sich in jedem Jahre ein schnelles zahlenmäßiges Ansteigen in der Trockenzeit, dem ein Stillstand und Rückgang in den Regenmonaten folgen.

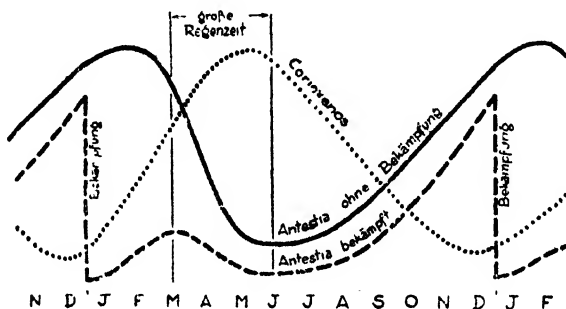


Abb. 3. Schematischer Gradationsablauf innerhalb eines Jahres der *Antestia* in Arealen mit und ohne Bekämpfung im Vergleich zum Hauptparasiten *Corrozetus antestiae* Blair

Im einzelnen zeigt der Massenwechsel während eines Jahres folgendes Bild für das Anbauggebiet des Kilimandscharo: Vom Ende der Regenzeit (Juni) bis teilweise in den September hinein sind die Wanzen nicht allzuhäufig — stellenweise sogar selten — so daß ihre Schädwirkung nicht groß ist. Im Laufe des Oktober und November — während und nach der Grevillenblüte — treten sie stärker in Erscheinung; und mit den nun steigenden Temperaturen nimmt ihr Vorkommen ständig zu, so daß sie im Dezember und Januar große Zerstörungen unter den jungen Kirschen anrichten. Zu Beginn des Januar wird im östlichen Teil des Anbaugebietes die chemische Bekämpfung durchgeführt, welche die Kalamität zum Erliegen bringt. In den trockeneren Pflanzungen des westlichen Anbaugebietes macht das starke Wanzenvorkommen oft im September und Oktober bereits eine Bekämpfung notwendig.

Die in der Folgezeit von den überlebenden Individuen bedingte Vermehrung läßt die Wanzen zu Anfang der Regenperiode (Ende März) wieder mehr in Erscheinung treten, obgleich die auf die Wanzenbekämpfung folgende Kupfer-Kalk-Spritzung gegen Kaffeeroß auch noch einen schädigenden Einfluß auf die Wanzen ausübt.

Auf Grund der hohen Luftfeuchtigkeit und Temperaturniedrigung während der zweiten Hälfte der Regenzeit (Ende April bis Anfang Juni), sowie durch den *Corioxenos*-Befall, dem Hauptparasiten der Kaffeewanze, erfährt das *Antestia*-Vorkommen kein weiteres Ansteigen. Auch in Zuchten unter einem Schutzdach ging die Legetätigkeit in den Monaten April und Mai stark zurück und hörte teilweise gänzlich auf. Die während dieser Wochen herrschenden Temperaturen näherten sich bereits beträchtlich der unteren Aktivitätsgrenze der Wanzen (Tageshöchsttemperaturen zum Teil nur 18,5 °C). In den ersten Tagen des Juni setzte die Wanzenvermehrung wieder ein, nachdem das Wetter für 14 Tage sonniger und weniger niederschlagsreich war.

Die allgemeine Jahreskurve der *Antestia*-Gradation mit ihrem Höhepunkt im Dezember/Januar und ihrem Tiefstand im Mai/Juni kann zu jeder Jahreszeit die mannigfachsten Abänderungen erfahren, je nach geographischer Höhenlage des Areals und Witterung. Auf den möglichen Rückgang der Wanzen innerhalb der kühlfeuchten letzten Regenwochen im Mai ist bereits hingewiesen worden. Andererseits besteht auch zu dieser Jahreszeit die Möglichkeit eines Anstieges, sofern es sich um ein ausgesprochen trockenes Jahr handelt und die Regen nicht in geschlossener Folge fallen. In gleicher Weise ändert sich je nach der Witterungsabweichung auch die Befallskurve in den übrigen Monaten, so daß auch außerhalb der sogenannten „heißen Zeit“ mit Kalamitäten des Schädlings zu rechnen ist. Besonders in den niedriggelegenen Pflanzungen mit hohen Mitteltemperaturen und geringeren Regenmengen tritt dieser Fall des öfteren ein. Im Gegensatz hierzu konnte beobachtet werden, daß die Wanzen auf den höher gelegenen Pflanzungen (1500 m) in den der Regenzeit folgenden Monaten bis in den November hinein infolge niedriger Temperaturen weiterhin eine seltene Erscheinung darstellen können.

Unter Benutzung der gefundenen durchschnittlichen Eizahlen kann der theoretische Vermehrungskoeffizient (m) von *lineaticollis* ermittelt werden, gemäß der von BREMER (1929) und ZWÖLFER (1932) gefundenen Regeln. Bei mehreren (c) Generationen im Jahr lautet die Formel:

$m_c = \left(\frac{a}{b}\right)^c$, wobei a die durchschnittliche Zahl der Nachkommen eines Weibchens am Gesamtbestand der Elterntiere bedeuten. Als ermitteltes Verhältnis der Geschlechter gibt WILKINSON 42,5 % Männchen zu 57,5 % Weibchen an und KIRKPATRICK 38,6 % Männchen zu 61,4 % Weibchen, im Mittel also etwa 40 zu 60 %.

Der Sexualindex $\frac{Q}{\delta + Q}$ der Art wäre demnach $\frac{60}{40 + 60} = \frac{3}{5}$; somit ist $b = 1,67$ und der theoretische Vermehrungskoeffizient der Art demnach

$$m_4 = \left(\frac{144}{1,67}\right)^4 = 86,2^4 = 55\ 210\ 000.$$

Bei 4 Generationen würden also im Jahre 55 210 000 Weibchen entstehen, zu denen noch die fehlenden 40 % Männchen zur Gesamtpopulation gerechnet werden müssen. Die einzelnen Filialgenerationen eines Weibchens haben folgende Individuenstärken:

P	F ₁ 1/4 Jahr	F ₂ 1/2 Jahr	F ₃ 3/4 Jahr	F ₄ 1 Jahr
1	144	10 402	896 706	77 294 000

Eine Population würde nach Ablauf eines Jahres 77 294 000 Individuen umfassen.

Der Teil einer Generation, welcher normalerweise ausgemerzt werden muß, damit der Bestand auf gleicher Höhe bleibt, ist von BREMER als normaler Vernichtungsquotient (q) definiert worden. Es ist $q = \frac{a-b}{a}$

oder in Prozenten $100 q = \frac{100 (a-b)}{a}$. Für c Generationen im Jahre

wird $q^c = \frac{a^c - b^c}{a^c}$.

Bei *A. lineaticollis* mit 4 Generationen müssen demnach jährlich

$$\frac{(144^4 - 1,67^4) 100}{144^4} = 99,999 \%$$

der Nachkommenschaft zugrunde gehen. Dieser hohe Quotient kann naturgemäß in der Praxis nur selten erreicht werden; er wird im Gegenteil zur allermeisten Zeit wesentlich unterschritten.

Die genaue Größe des tatsächlichen Vernichtungsquotienten, dem diese Tierart im Laufe ihrer Entwicklung ausgesetzt ist, muß vorerst in ihrer Gesamtheit durch Schätzung ersetzt werden, welche sich auf die Erfahrungen der Praxis und den speziellen Vernichtungswert von Einzelfaktoren stützt. So ist von KIRKPATRICK (S. 338) der jahresdurchschnittliche Vernichtungswert des *Antestia*-Parasiten *Corioxenos antestia* Blair mit 40—50 % je Generation angegeben. Für die übrigen Faktoren wie Eiparasiten, Räuber, Krankheiten und ungünstige Witterungseinflüsse müssen nach den gemachten Beobachtungen insgesamt noch weitere 25—35 % angesetzt werden, so daß im Durchschnitt mit einem Ausfall von etwa 75 % unter den im Beobachtungsgebiet herrschenden Bedingungen zu rechnen ist. Diese Größe würde bedeuten, daß sich von 86,2 Weibchen je Generation nur 21,6 fortpflanzen. Eine Population hätte demzufolge in einem Jahr eine Individuenstärke von 305 349. In einer Pflanzung von 100 000 Kaffeebäumen (etwa 62 ha) kämen dann bereits 3 Wanzen auf den Baum. Der Vernichtungsquotient beträgt hierbei 99,605 %.

Für die Praxis besagt die Angabe des Jahresmittels nicht viel, da im Jahreszyklus die großen Klimaschwankungen ihre Einflüsse auf Wirt

und Parasit in verschiedener Form ausüben, worauf im folgenden Kapitel näher eingegangen wird.

Als ein weiteres komplizierendes Moment kommt noch die chemische Bekämpfung hinzu. Durch sie erlebt unter anderem die Parasitierung in den für die *Antestia* entwicklungshemmenden Regenmonaten (April/Mai) ihr Maximum von über 80 %; d. h. zu einer Zeit, wo die Legetätigkeit der *Antestia*-Weibchen das Minimum erreicht, steigt der Parasitenbestand enorm an. Somit dürfte in diesen und auch noch folgenden Monaten der normale Vernichtungsquotient erreicht werden. Auf der anderen Seite erlangt das *Corioxenos*-Auftreten in den Monaten um den Dezember seinen jährlichen Tiefstand (etwa 10 %), wogegen sich die warme und verhältnismäßig trockene Witterung sehr begünstigend auf die Vermehrung der Kaffeewanzen auswirkt. Innerhalb der zu dieser Zeit lebenden Generationen liegt also der tatsächliche Vernichtungsquotient sehr niedrig und dürfte wohl 25 % selten überschreiten. Daraus resultieren Populationsstärken für die F_1 -Generation von 108 und für die F_2 -Generation von 6998 Individuen.

Diese Zahlen haben insofern praktische Bedeutung, als sie die Vermehrungsgröße für den Beginn der jährlichen Kalamität erklären. Sie begründen das plötzliche Massenauftreten der *Antestia*, das während der Monate November bis Februar immer wieder in den Kaffeekulturen beobachtet wird und eine chemische Bekämpfung zur Rettung der Ernte notwendig macht. Ebenso wird mit Hilfe des Vernichtungsquotienten der Stillstand der Wanzenvermehrung gegen Ende der Regenzeit verständlich.

F. *Antestia* und Kaffeebaum

1. Vorkommen im Kaffee

Die Verteilung der *Antestia*-Wanzen in den Kaffeebeständen ist nicht einheitlich. Ihr Verhalten ist nach der Höhenlage verschieden. Während die Wanzen in der Höhe nach Möglichkeit die beschatteten Kaffeepflanzen meiden, was besonders in den Eingeborenenpflanzungen an der Urwaldgrenze augenfällig ist, dringen sie bei Abnahme der geographischen Höhe immer weiter in die beschatteten Bestände ein. Um 1200—1100 m sind sie schon überall im lichten Schatten zu finden und auf den Sträuchern mit stundenweiser Beschattung. In gut beschatteten Pflanzungsblocks ist ihr Erscheinen jedoch noch seltener. In Pflanzungen um 1000 m machen die Wanzen auch vor tiefen Schatten keinen Halt mehr. Während der heißen Zeit ziehen sie sich sogar aus den wenig oder unbeschatteten Beständen hierher zurück. Die gleiche Beobachtung konnte KIRKPATRICK in den unteren Pflanzungen des Kilimandscharos machen. Entsprechend ihrer Verteilung ist die Hauptmasse der Wanzen-schäden in den jeweils bevorzugten Biotopen zu finden.

Gegenüber Wind zeigen die *Antestia*-Wanzen eine ziemliche Empfindlichkeit, daher weisen windgeschützte Lagen und Talsenken stets ein stärkeres Vorkommen auf.

In allen Pflanzungsteilen finden sich immer wieder Kaffeebäume, die eine besondere Anziehung auf die Wanzen auszuüben scheinen, so daß sie ständig mit einer größeren Anzahl der Schädlinge besetzt sind als ihre Umgebung. Worauf die Bevorzugung dieser sogenannten „Wanzenbäume“ basiert, ist bisher nicht festgestellt worden, scheint aber an den besonderen physiologisch-chemischen Eigenschaften der betreffenden Pflanze zu liegen.

2. Nahrungsbedarf

Auf Grund des regen Stoffwechsels, bedingt durch die gewöhnlich hohen Mitteltemperaturen, ist der Nahrungsbedarf der Wanzen sehr hoch. Da sie nur Nahrung in gelöster Form aufnehmen, verhält sich der Flüssigkeitskonsum proportional zum Nahrungsbedarf.

In der Hauptsache werden die unreifen Kirschen befallen, aus denen die Wanze unter anderem auch die benötigten Eiweißstoffe bezieht. Daß in erster Linie die großen grünen Kirschen als Eiweißquelle für die Wanzenentwicklung geeignet sind und daher eine sichtliche Bevorzugung erfahren sollen, hat KIRKPATRICK in Amani nachgewiesen. Eine einseitige Ernährung mit Kohlenhydraten, wie etwa mit den zuckerhaltigen reifen Kirschen, wirkte sich in den Zuchten von KIRKPATRICK entwicklungshemmend aus. Auf die angeblich gleiche schlechte Wirkung der jungen grünen Kirschen bis zum Alter von 3 Monaten (bis zur Größe von 12 mm) wurde bereits hingewiesen. Die Beeinflussung der Entwicklung durch die Nahrung soll sich auch weiterhin auf die Fruchtbarkeit der Weibchen erstrecken, indem eine eiweißreiche Ernährung mit einer größeren Eiproduktion beantwortet wird. Demgegenüber steht die Beobachtung von HARGREAVES, daß sich besonders die jungen saftigen Kirschen begünstigend auf die Legetätigkeit der Weibchen auswirken sollen. KIRKPATRICK kommt schließlich auf Grund der Verschiedenheit seiner Ergebnisse mit denen der Autoren aus Kenya und Uganda zu dem Schluß, daß die relative Luftfeuchtigkeit, welche in Amani größer sein soll als an den Beobachtungsplätzen der anderen (Messungen fehlen), für die Nahrungswahl bestimmend ist. In Gegenden mit geringer relativer Luftfeuchtigkeit würden die Wanzen „junge saftige Kirschen“ vorziehen, während sie an Orten mit hoher Feuchtigkeit sich im größeren Maße den „alten festen Kirschen“ zuwenden. Bei allen Autoren fehlen jedoch Feuchtigkeits- und Temperaturangaben.

Im Beobachtungsgebiet gestaltet sich die Neigung der Kaffeewanzen zu den einzelnen Entwicklungsstadien der Kaffeefrucht in folgender Weise: Allen voran erfahren die unreifen Kirschen einen bevorzugten Befall. Die ganz jungen Früchte bis zu einem Alter von 4 Wochen werden hierbei jedoch nicht berücksichtigt. Alle späteren Stadien erfahren eine gleichmäßige Behandlung. Neben dem Bestreben, Eiweißstoffe aus den grünen Kirschen zu erlangen, geht ein ständiges Bedürfnis nach zuckerhaltigen Säften. Demgemäß werden in zweiter Linie die süßen Fruchtschalen der reifen toten Kirschen besaugt, wo ein Durchbohren der

Pergamentschale nicht mehr möglich ist. Aus dem gleichen Grunde gehen die Wanzen an die Blütenknospen, sofern diese schon weiße Petalen zeigen.

Daß die Wanzen in jedem Falle einen Ausgleich von Eiweiß- und Kohlenhydratnahrung anstreben, beweist nachstehende Beobachtung: In den Zuchten stürzten sich die Tiere aller Stadien sofort auf die dargereichten reifen Kirschen oder Blütenknospen, wenn sie vorher längere Zeit nur mit unreifen Früchten gefüttert wurden. Desgleichen bestätigt der Erfolg einer zur richtigen Zeit durchgeführten Spritzung mit Arsenzuckerlösung das Vorhandensein eines großen Zuckerbedürfnisses.

Ähnliche Feststellungen über den Eiweiß- und Zuckerbedarf machte FLANDERS (1935) an Schlupfwespenweibchen, wobei Eiweißbedarf und Eiproduktion in unmittelbarem Verhältnis standen. Eine zeitliche Trennung von Eiweiß- und Zuckerverlangen konnte bei der *Antestia* nicht wahrgenommen werden.

3. Wanzenschäden

Die durch die Saugtätigkeit verursachten Beschädigungen haben die verschiedenartigsten Wirkungen auf die befallenen Teile der Wirtspflanze.

a) Blüten

Die noch kleinen grünen Blütenknospen, welche mit einer dicken Gummiharzschicht überzogen zwischen den Blattstielen liegen, werden von den Wanzen noch verschont. An den Knospen, die sich 2—3 Wochen vor dem Erblühen weißlich verfärben, sind die Einstiche als kleine dunkelbraune Punkte äußerlich an den Petalen sichtbar. Durch nur wenige Stiche wird den Knospen bereits so viel Saft entzogen, daß sie sich nicht mehr zur Blüte öffnen können. Sie beginnen zu welken, schrumpfen etwas zusammen und nehmen eine bräunlichhellgraue Tönung an. Dieses einheitliche Verfärben der Knospe ist ein charakteristisches Zeichen für die *Antestia*-Beschädigung und unterscheidet sich deutlich von der Schadwirkung anderer Blütenzerstörer, wie Gallmücken und Blasenfüße, wo äußerlich große braune Flecken sichtbar werden. Die an den Blütenknospen hervorgerufenen Schäden waren im Beobachtungsgebiet praktisch belanglos.

b) Kirschen

An den allerjüngsten Kirschen kurz nach Abwerfen der Petalen waren keinerlei Schadeinwirkungen der Wanzen festzustellen. Es hat den Anschein, daß der ihnen nicht zusagende Chemismus die Wanzen abhält. Empfindliche Verluste beginnen aufzutreten, wenn die Kirschen eine Größe von 3—4 mm erreicht haben. Von diesem Stadium bis zu einer Länge von etwa 11 mm, die im Mittel zweieinhalb Monate nach der Blüte erreicht wird, wirkt sich die Wanzentätigkeit besonders verheerend aus. Bei den kleinen Früchten bis zu 6 mm genügt in der Regel

ein Einstich, um den zarten Samenanlagen so viel Saft zu entziehen, daß ihre weitere Entwicklung unmöglich ist und sie vertrocknen müssen. Die mechanische Schädigung wird unterstützt durch das Einimpfen eines *Nematospora*-Pilzes (*N. coryli* Pegl. und *N. gossypii* Ashby, Nowell), der innerhalb 24 Stunden das Gewebe der jungen Bohnen durchwuchert und eine Schwarzfäule verursacht. Alle Kirschen bis zu einer Größe von 8 mm ($1\frac{1}{2}$ —2 Monate alt) schrumpfen danach schnell ein, vertrocknen und bleiben noch eine längere Zeit als schwarze Mumien an den Stielen sitzen.

An dieser Stelle muß eingefügt werden, daß ein gleichartiges Vertrocknen der jungen und auch jüngsten Kirschen ebenfalls ohne Wanzenwirkung stattfinden kann. Dieser Vorgang wird sichtbar, wenn die Bäume einen reichen Fruchtansatz haben und durch große Trockenheit einen plötzlichen Wassermangel erleiden. Der Baum stößt dann infolge der ungünstigen Wasserverhältnisse selbst einen Teil der angesetzten Kirschen ab. Sind die Kirschen bereits in einem fortgeschrittenen Stadium (etwa 12 mm groß), so beantwortet die Kaffeepflanze eine derartige Trockenperiode damit, daß die Früchte zwar äußerlich normal aussehen und weiterwachsen, während aber die Bohnen in den Pergamentschalen entweder gar nicht oder nur unvollkommen ausgebildet werden, was bei der Ernte taube Früchte, sowie mehr oder minder verkrüppelte Bohnen mit geringem Handelswert (Triage) ergibt. Da bereits Trockenheit allein einen ungünstigen Einfluß auf die sich entwickelnden Kaffee Früchte haben kann, unterstützt sie natürlich in weitem Maße die schädigende Wirkung der Wanzen.

An den größeren und teilweise schon erwachsenen Kirschen (15—16 mm), 3—4 Monate nach der Blüte, die wohl noch ein weiches, saftiges Endosperm besitzen, verübt ein einziger Wanzenstich keinen unmittelbaren mechanischen Schaden. Es gehören eine größere Zahl von Individuen dazu, ihnen so viel Flüssigkeit zu entziehen, daß sie in kurzer Zeit abfallen. Der übertragene Pilz wirkt jedoch in diesem Stadium noch in voller Stärke. Innerhalb eines Tages sind die Bohnen schwarz und faul. Sofern die Pergamentschale schon genügend gefestigt ist, schrumpft die Kirsche nicht mehr ein, sondern löst sich im grünen Zustand vom Stiel und fällt ab. Mit zunehmendem Alter gehören immer mehr Einstiche dazu, um die Kirschen zum Abfallen zu bewegen. Die Kirschen beantworten fortan die innere Beschädigung damit, daß sie in Notreife übergehen. Daher wiederholt sich alljährlich die Erscheinung, daß zu Erntebeginn stets ein hoher Prozentsatz tauber Kirschen eingebracht wird.

Bis zum Zeitpunkt des Rotwerdens der Früchte, was 12—8 Tage vor der Reife eintritt, ist die Wanze befähigt, mit ihrem Stechrüssel die Pergamentschale zu durchbohren, an den Bohnen zu saugen und die *Nematospora* zu übertragen. Mit zunehmender Festigkeit des Endosperms, das zuerst saftig weich, dann speckig wird und schließlich eine ziemlich feste und harte Konsistenz annimmt, wird die zerstörende Wir-

kung des eingepfropften Pilzes ständig geringer. Es gelingt ihm immer weniger, die ganze Samenanlage zu durchwuchern. Wenn er nach etwa 24 Stunden sein Wachstum einstellt, ist es ihm schließlich nur noch möglich, einen kleinen Teil der Bohnenoberfläche zu überziehen und in geringe Tiefe einzudringen. An den älteren Bohnen läßt sich das Wachstum des Pilzes genau verfolgen, der sich vom Einstich radiär nach allen Seiten verbreitet und die befallene Flächen schwarz verfärbt. Die infizierte Stelle trocknet ein und markiert sich je nach dem Alter der Bohne als mehr oder minder große braune bis schwarze Narbe. Je früher die Übertragung stattfindet, desto größer ist im Endergebnis die Verkrüppelung der Bohne. Bei den Untersuchungen im Kilimandscharogebiet zeigte es sich, daß im Gegensatz zu KIRKPATRICKS Angaben nur die jungen unreifen Kirschen durch die Pilzinfektion gänzlich zerstört werden, während die älteren mit festem Endosperm (etwa 5 Monate alt) nur eine Verkrüppelung erfahren.

Da die Wanzen die Pergamentschale der rot werdenden Kirschen nicht mehr zu durchdringen vermögen, werden hieran praktisch keinerlei Schäden verursacht.

c) Zweige

Die Beschädigungen durch die Wanzen erstrecken sich in der Hauptsache auf die generativen Organe der Kaffeepflanze, während die vegetativen Teile praktisch keine bedeutsamen Verletzungen erfahren.

Wohl liegen Angaben verschiedener Autoren vor, daß die *Antestia*-Wanzen vegetative Organe wie Zweigspitzen beschädigen, wodurch die Bildung von „Hexenbesen“ eintritt. Durch den Stich in den Vegetationspunkt soll eine vermehrte Entwicklung von Adventivsprosse stattfinden. Diese Angaben machen ANDERSON, WILKINSON, SMEE und LE PELIEV. SMEE hat diese Hexenbesen experimentell erzeugt, indem die in einem Käfig gehaltenen Wanzen nur in der Nähe des Vegetationspunktes saugen konnten. KIRKPATRICK kam beim gleichen Versuch auf ein negatives Ergebnis. Trotz größter Wanzenkalamität wurden keinerlei Bildungen von Hexenbesen oder auch nur eine Verkürzung der Zweiginternodien vom Verfasser im gesamten Gebiet des Kilimandscharo und auch Oldeani wahrgenommen. Sogar auf den extrem niedrigliegenden Pflanzungen unter 1000 m, wo infolge der frühen Ernten im September und Oktober eine Periode eintreten kann, in der weder Kirschen noch größere Blütenknospen an den Sträuchern vorhanden sind, traten keine derartige Zweigverkrüppelungen auf. Dagegen sind nach Angaben von Pflanzern während einiger Jahre in den fraglichen Monaten Bildungen von Hexenbesen in den regenärmeren Bezirken des westlichen Kilimandscharogebietes beobachtet worden.

Direkte Blattschädigungen durch *Antestia* wurden nie gesichtet.

G. Feinde der *Antestia*

Bei den Beobachtungen wurden eine Anzahl Tiere festgestellt, welche die *Antestia* teils als Räuber, teils als Parasiten nachstellten.

So wurden einige Arten von Mantiden beobachtet, welche hauptsächlich die älteren Larven und Imagines fingen und verzehrten. Ferner traten verschiedene Arten von Raubwanzen auf, die alle Entwicklungsstadien der Kaffeewanzen fingen und aussaugten. Das Vorkommen dieser Räuber war allerdings sehr gering in den Kaffeebeständen, so daß sie keine Rolle bei der Niederhaltung des Schädlings spielten, obwohl der Nahrungsbedarf der Räuber sehr hoch ist.

Im Anschluß hieran sei eine Beobachtung mitgeteilt, die häufig in den *Antestia*-Zuchten auftrat. Larven der letzten Stadien und Imagines saßen des öfteren auf den arteigenen Gelegen und saugten die Eier aus trotz Anwesenheit von reichlichem grünen Kirschenmaterial.

Chamadeons, denen Kaffeewanzen als Futter vorgesetzt wurden, nahmen sie in keinem Falle an.

Als Parasiten der Kaffeewanzen traten in erster Linie die Strepsipterenspezies *Corioxenos antestiae* Blair auf. Die Lebensgeschichte dieses Parasiten wurde in ausführlicher Form von KIRKPATRICK beschrieben. Dieser Parasit ist von großem Einfluß auf den Massenwechsel der Wanzen. Seine Abhängigkeit vom Klimazyklus ist aber nur insoweit geklärt, als die Entwicklungsdauer bis zur Imago in der Regenzeit (19,5 °C) eine Steigerung um 60 % gegenüber den heißen Monaten mit 23,5 °C Mitteltemperatur erfährt. Der Einfluß der Feuchtigkeit ist ebenfalls noch nicht restlos bekannt. Die Larvenstadien mit Ausnahme des ersten, sowie die Weibchen sind von der atmosphärischen Feuchtigkeit unabhängig, da sie sich im Wirtskörper befinden. Den fliegenden Männchen können Regenfälle oft verderblich werden. Eine große Feuchtigkeitsresistenz zeigen die Triangulidenlarven (1. Stadium), wodurch die Verbreitung der Art auch während der Regenzeit gesichert ist und im Zusammenhang mit der geringen Vermehrungsgröße der Wirtstiere hohe Parasitierungszahlen entstehen. Da durch Einwirken der Parasiten die *Antestia*-Weibchen steril werden, kann die Kaffeewanze zu dieser Zeit eine seltene Erscheinung in den Kulturen werden. Unter Einfluß der kühlen Witterung und der Parasiten hält dieser Zustand für gewöhnlich noch 4—5 Monate an. Im Laufe des Oktober werden dann allerdings die Parasiten mit der steigenden Vermehrungsgröße der Wanzen nicht mehr fertig und es folgen innerhalb von 2—3 Monaten die beschriebenen Kalamitäten, denen eine Bekämpfung von Menschenhand entgegentreten muß. Das meist angewendete Arsenzuckerköderverfahren kommt hierbei auch der Parasitenvermehrung zugute, da die *Corioxenos*-Weibchen in den abgetöteten Wanzen noch für eine Woche entwicklungsfähigen Eier entlassen, wie KIRKPATRICK nachweisen konnte.

Eine Beobachtung, welche die Annäherung der Geschlechter dieses Parasiten betrifft, soll als Ergänzung der bisher vorliegenden Ergebnisse

Erwähnung finden. KIRKPATRICK gibt an, daß das *Corioxenos*-Männchen sich allein durch die sichtbaren Zeichenelemente des Wanzenkörpers beim Aufsuchen seines Geschlechtspartners leiten läßt und die „Witterung“ des Wirtstieres keinerlei Rolle spielt. An den Gazekäfigen der Freilandzuchten des Verfassers sammelten sich in den Morgenstunden einiger Tage vor der Regenzeit eine größere Anzahl von *Corioxenos*-Männchen an, die zu den eingesperrten Kaffeewanzen zu gelangen trachteten. Hierbei zeigte es sich, daß die anfliegenden Männchen sich nicht auf die Glasscheibe der Oberseite, durch die hindurch die Wanzen allein zu sehen waren, niederließen und einzudringen versuchten, sondern nur auf den Gazeflächen landeten, mit besonderer Vorliebe an dem Gazeschlauch, der den Kasten am Zweig festhielt, um hier einen Eingang in das Innere des Kastens zu finden. Die kurzlebigen Tiere entfernten sich nur selten wieder von diesen Stellen, flatterten lebhaft an der Gaze herum, bis sie ermattet liegenblieben und verendeten. Das gleichartige Verhalten aller *Corioxenos*-Männchen beweist, daß Geruchsreize, welche wahrscheinlich vom Wirtstier ausgehen, eine Rolle bei der Suche der Weibchen spielen müssen.

H. Bekämpfung der *Antestia*

Für die Vernichtung der Kaffeewanzen hat sich in Ostafrika das Sprühverfahren mit einer Arsensuckerlösung wegen seiner guten Erfolge eingebürgert. Die giftige Köderflüssigkeit, die mittels Zerstäuberspritzen in feine Tröpfchen auf die Kaffeepflanzen verteilt wird, nehmen die Wanzen mit der gleichen Begierde auf wie den Saft reifer Kirschen oder Zuckerwasser. Die Wirkung des Fraßgiftes macht sich um so schneller bemerkbar, je größer die aufgenommene Menge war. So kann bereits schon nach 10 Minuten der Tod eintreten, auf der anderen Seite wurden Extreme von 1½ Tagen beobachtet (Tabelle 6).

Tabelle 6

Wirkung der Arsensuckerlösung auf *A. lineaticollis*
(Auf 1 l Wasser 125 g Zucker und 3,3 g Arsensoda)

Nr.	Sex	Saugtätigkeit in Minuten	Verlust der Körperbeherr- schung nach	Eintritt des Todes nach weiteren	Insgesamt
1	♀	1	18 Std.	4 Std.	22 Std.
2	♀	1,5	25 Std. 15 Min.	5 Std.	30 Std. 15 Min.
3	♀	2,5	21 Std.	4 Std.	25 Std.
4	♀	3	34 Min.	30 Min.	1 Std. 4 Min.
5	♀	4	22 Std.	4 Std. 30 Min.	26 Std. 30 Min.
6	♀	4	4 Std. 30 Min.	2 Std.	6 Std. 30 Min.
7	♀	6	10 Min.	1 Std. 45 Min.	1 Std. 55 Min.
8	♀	7	7 Min.	45 Min.	52 Min.
9	♀	8	8 Min.	18 Min.	26 Min.
10	♀	9	5,5 Min.	13 Min.	18,5 Min.
11	♀	10	5 Min.	10 Min.	15 Min.
12	♀	11	4 Min.	6 Min.	10 Min.

Hungerige Tiere (Nr. 9—12) werden also mehr Zuckerlösung aufnehmen und schneller zugrunde gehen. Aus der Aufstellung ist ersichtlich, daß bereits geringe Mengen (Nr. 1—3) eine verderbliche Wirkung auf die Wanzen ausüben, deren Erfolg aber erst nach geraumer Zeit sichtbar wird. Demgemäß soll eine Erfolgskontrolle erst am zweiten Tag nach dem Spritzen angesetzt werden. Um den größtmöglichen Bekämpfungserfolg zu erzielen, ist es nötig, den Köder zu einer Zeit zu spritzen, wo den Wanzen keine natürlichen Zuckersäfte an den Kaffeesträuchern zur Verfügung stehen. Der günstigste Zeitpunkt liegt also nach der Ernte, wenn keine reifen Kirschen mehr auf den Sträuchern hängen. Ferner ist die Zeit noch so zu wählen, daß keine weitgeschobenen, weißlichen Blütenknospen vorhanden sind, d. h. es sind die Tage kurz nach einer Blütenfolge und lange Zeit vor der nächsten zu wählen.

Freilandversuche haben gezeigt, daß es 24 Stunden nach dem Spritzen des Giftködern nicht regnen darf, um ein hochprozentiges Ergebnis zu sichern. Im anderen Falle wird die Lösung schnell abgewaschen und die Wanzenplage erleidet keine Einbuße.

Um auch die Tiere zu vernichten, welche während des ersten Spritzens noch Eier waren, ist eine Wiederholung des Verfahrens nach 14 Tagen erforderlich. Alle Angaben, die ein zweites Durchspritzen nach 8—10 Tagen empfehlen, müssen als zu kurz erachtet werden. Da nach einer mittleren Eidauer von 6—8 Tagen die Junglarven erst nach weiteren 3—5 Tagen zur Nahrungsaufnahme schreiten, ergibt sich als Extrem eine Zeitspanne von 13 Tagen, die abgewartet werden muß, soll das zweite Spritzen den gewünschten Erfolg haben.

Auf Grund der neu erstandenen *Pyrethrum*-Kulturen ging man in den Kaffeegebieten von Kenya und Uganda dazu über, die Wanzen durch ein *Pyrethrum*-Stäubeverfahren zu bekämpfen. In neuester Zeit finden hier auch Präparate mit DDT- und 666-Wirkstoffen Verwendung.

Alle Bekämpfungsverfahren bergen eine unerwünschte Nebenwirkung in sich, welche den Kaffeewanzen, sowie allen anderen Schädlingen indirekt wieder zugute kommt. Die Feinde und Parasiten der Schädiger werden ebenfalls alle getötet. Dem *Antestia*-Verfahren diese schlechte Nebenwirkung zu nehmen, ist bisher noch eine ungelöste Aufgabe geblieben.

Bis zu einem gewissen Grade entspricht dem der Arsenzuckerköder, jedenfalls in allen Gebieten, wo *Corioxenos antestiae* als Hauptparasit der Kaffeewanzen eine Rolle spielt. Der Lebenskreis dieses Parasiten wird durch das Sprühverfahren (Fraßgift) nicht berührt, weil die frei lebenden Triangulidenlarven und -männchen keinerlei Nahrung aufnehmen. Dagegen würde ein Kontaktgift diese sehr nützlichen Parasiten ebenfalls vernichten.

I. Zusammenfassung

1. Die Lebensäußerungen der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Kaffeewanzen sind gleich. Die *A. faceta* benötigt allgemein eine kürzere Zeit zur Entwicklung der einzelnen Stände als *A. lineaticollis*.

2. Die Eientwicklung dauert in der Trockenheit 5—8 (Mittel 6) Tage und steigt bis zu 12 Tagen gegen Ende der Regenzeit an.

3. Während der ersten 3—4 Tage nehmen die Junglarven keine Nahrung zu sich; vor der ersten Häutung muß eine Nahrungsaufnahme erfolgen. Die Larven des zweiten Stadiums zeigen eine große Mortalität, die durch bestimmtes Futter noch gesteigert werden kann. Das Larvenstadium hat in der Trockenzeit eine durchschnittliche Länge von 55, in der Regenzeit von 65 Tagen. Ohne Nahrung leben Larven und Imagines nur wenige Tage.

4. Die Annäherung der Geschlechter findet hauptsächlich gegen Ende des Tages statt. Der Kopulation geht ein längeres Liebesspiel voraus. Die Weibchen werden alle 2,6 Tage im Durchschnitt begattet, was jedoch für die Fertilität der Eier nicht notwendig ist. Die erste Eiablage erfolgt 9—14 (Mittel 11,4) Tage nach dem Schlüpfen der Imago. Im Durchschnitt werden je Weibchen 12,5 Gelege mit 144 Eiern produziert.

5. Die Generationsdauer von *A. lineaticollis* beträgt zur Trockenzeit im Mittel 66, zur Regenzeit 76 Tage. Mittlere Generationslänge 71 Tage. Unter Berücksichtigung der Legezeit von 40 Tagen entstehen 5,1—3,3 (Mittel 4,2) Generationen im Jahr.

6. Der Massenwechsel während eines Jahres vollzieht sich in regelmäßigen Kurven, wobei Regen und Kälte, sowie im Beobachtungsgebiet der Parasit *Corioxenos antestiae* Blair als Hemmungsfaktor wirken. Einzelheiten des Kurvenverlaufes werden begründet.

7. Die Wanzen streben einen Ausgleich an Eiweiß und Kohlenhydrate bei der Nahrungsaufnahme an.

8. Die Blütenknospen des Kaffees werden durch Saugen beschädigt. Desgleichen dienen die nektarreichen Infloreszenzen der Silbereichen (Grevilleen) als Nahrungsquelle. Alle Stadien der Kirschen werden befallen, dabei wird etwa 8 Tage vor der Reife (Rotwerden) ein *Nematospora*-Pilz übertragen, der die Bohnen je nach Alter mehr oder minder zerstört. Bildung von „Hexenbesen“ infolge Wanzenbefalls konnte nicht beobachtet werden.

9. Den Kaffeewanzen wird von Räubern und Parasiten nachgestellt, wobei *Corioxenos antestiae* allein praktische Bedeutung erlangt. Die Männchen dieses Parasiten werden bei der Suche der Weibchen durch Geruchssreize gelenkt.

10. Bei der chemischen Bekämpfung der Wanzen haben Kontaktgifte große Nachteile gegenüber Fraßgiften wie Arsenzuckerköder, da

sie die wertvollen Parasiten ausschalten. Die Bekämpfung muß mindestens einmal nach 14 Tagen wiederholt werden, um die inzwischen geschlüpften Larven zu erfassen. Die bisher übliche Wartezeit von 8—10 Tagen ist aus biologischen Gründen zu kurz.

Schrifttum

- ANDERSON, T. J., „The Coffee Bug“. Bul. Div. Ent., Brit. E. Afr. 1, 1919.
 BREMER, H., Z. angew. Ent. 14, 254, 1929.
 FLANDERS, S. E., Ann. Ent. Soc. Amer. 28, Nr. 4, 438, 1935.
 GOWDEY, C. C., Rep. Dept. Agr. Uganda 1917—18, 1918.
 HARGREAVES, H., „Variegated Coffee Bug“. Circ. Dept. Agr. Uganda 22, 1930.
 — — „Variegated Coffee Bug in Uganda“. E. Afr. Agr. J. 1, 1936.
 KIRKPATRICK, T. W., „The Autecology of *Antestia* spp. with particular account of a Strepsipterous Parasite“. Trans. Ent. Soc. London 86, part. 14, 1937.
 (Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.)
 LE PELLEY, R. H., „On the Control of *Antestia lineaticollis* on Coffee in Kenya Colony“. Bull. Ent. Res. 23, 217—228, 1932.
 SMEE, C., Rep. Dept. Agr. Nyasaland 1930, 1931.
 WILKINSON, G. B., „The Coffee Bug“. Circ. Dept. Agr. Uganda 13, 1924.
 ZWÖLFER, W., Z. angew. Ent. 19, 1, 1932.

Verschiedenes

Tagung der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie“

Die Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie hielt in den Tagen des 3. und 4. Oktober in München ihre erste Nachkriegstagung ab, die angesichts der heutigen Schwierigkeiten überraschend gut besucht war. Der Begründer der Gesellschaft und Altmeister unserer Wissenschaft, Prof. Dr. KARL ESCHERICH, eröffnete in alter Rüstigkeit, von lautem Beifall begrüßt, die Tagung mit einer Ansprache, in der er auf die gerade in der heutigen Notzeit besonders große volkswirtschaftliche Bedeutung der angewandten Insektenkunde hinwies, um die in immer unheimlicherer Weise gegen die menschliche Kultur anrückenden Heere schädlicher Insekten, sowohl einheimischer wie eingeschleppter, abzuschlagen. Er nannte dabei vor allem die Borkenkäfer, den Kartoffelkäfer und die San José-Schildlaus. Er stellte ferner wegen der Internationalität des Schadinsektenvorkommens die Forderung nach einer immer engeren Zusammenarbeit der Entomologen der ganzen Welt auf, und verlangte endlich, daß auf jeder Landwirtschaftlichen Hochschule Deutschlands eine eigene Professur für angewandte Entomologie neben der Professur für angewandte Botanik errichtet werde, nach dem sich so glänzend bewährten Vorbild der Forstlichen Hochschulen.

In zusammenfassenden Vorträgen berichteten dann Prof. Dr. KEMPER, Berlin, über „Nachkriegsaufgaben der hygienischen Zoologie“ (Läuse, Wanzen Flöhe, Ratten usw.), die es zu meistern galt und deren Bewältigung im großen und ganzen auch als gelungen bezeichnet werden darf. Prof. Dr. ZWÖLFER, München, sprach über „Forstentomologische Nachkriegsprobleme in Süddeutschland“, wobei begreiflicherweise im Vordergrund der Betrachtungen der Borkenkäfergefahr, die, wenn auch in den staatlichen Fichtenbeständen überwunden, doch in den Privatwäldern noch immer eine große Gefahr bedeutet und vor allen Dingen neuerdings auch bei Tanne und Lärche Schäden verursacht. Dr. BECKER, Berlin, sprach über „Angewandte Entomologie und Holzschutz“, wobei besonders die Schäden durch den Hausbock ins Gewicht fallen und der größten Aufmerksamkeit würdig sind. Vorträge über bestimmte Schädlinge hielten Prof. Dr. BLUNCK, Bonn, über den Blasenfuß „*Thrips tabaci*, als Tabakschädling im Orient“, Dr. DOSSE, Hohenheim, über starkes Auftreten von *Ceutorrhynchus picifarsis*, den Rapsstengelrüsselkäfer, an Raps und Rüben in Württemberg, Dr. GROSCHKE, München, über den Heidelbeerspanner, *Boarmia bistortata*, der besonders in oberfränkischen Forsten

große Schäden verursacht. Prof. Dr. TITSCHAK, Giengen (Brenz), sprach über „Bettwanze und Taubenwanze“, Dr. KRUEL, Eberswalde, über „Das derzeitige Schadaufreten der Nonne im ostdeutschen Kieferngebiet“, Dr. THIEM, Heidelberg, über „Erfahrungen bei der Aufzucht von Engerlingen“ und Dr. LAIBACH, Opladen, über die Biologie des Silberfischchens, *Lepisma saccharina*. Auch Vorträge, die bestimmten Bekämpfungsverfahren gewidmet waren, wurden gehalten: So sprach Dr. RAUSCHER, Frankfurt a. M., über „Durchgasung von Kleinmühlen“. Daß einige Vorträge den neuen Kontaktinsektiziden gewidmet waren, ist bei der Bedeutung dieser neuen Präparate für unsere Wissenschaft verständlich: Dr. WIESMANN, Basel, sprach über den Wirkungsmechanismus von DDT, Frau Dr. ROEGNER-AUST, München, berichtete über „Versuche zur Wirkung von Kontaktinsektiziden auf Fische“, Reg.-Amtmann KRAUSS, Wolfpoint (Obb.) und Dr. KAESER, Freiburg i. Br., sprachen über „Bienenzucht und Schädlingsbekämpfung“, Frau Dr. WOLFRAM, Frankfurt a. M., zeigte die Verbindungspunkte auf, welche die Mehlmotte, als Versuchstier der Vererbungsforschung, zwischen Schädlingsbekämpfung und dieser Wissenschaft spinnt, Dr. KRAEMER, München, erörterte „Die Definierung der Brutbaumdisposition bei Schädlingsbefall“ und Dr. J. FRANZ, München, ließ mit der Vorführung seiner schönen Farbaufnahmen von Insekten, die er als Lehr- und Forschungsmittel würdigte, die wohlgelungene und arbeitsreiche Tagung ausklingen.

Dr. H. W. FRICKHINGER.

H.W. Frickhinger 60 Jahre

Am 18. September 1949 wurde H. W. FRICKHINGER 60 Jahre alt. 1889 in Nördlingen geboren, einem alten Patriziergeschlecht entstammend, studierte er Naturwissenschaften in München und Freiburg i. Br., wo er auch in Zoologie promovierte. Dann trat er nach kurzem Aufenthalt im Würzburger hygienischen Institut in das Münchener Institut für angewandte Zoologie als Assistent ein, wo er zugleich der erste Mitarbeiter des damals gegründeten „Forschungsinstitutes für angewandte Zoologie“ wurde. Die große Begeisterungsfähigkeit und der klare Blick für das Wesentliche trat in allem, was er tat, als der auffälligste Wesenszug schon damals deutlich hervor. Nachdem er bis zum Jahre 1919 im Münchener Institut geblieben war, trat er in die Industrie ein (I. G. Farben), wo er bis zum Jahre 1931 tätig war. Seit dieser Zeit lebte er als freier Schriftsteller in der Nähe von München. Naturschutz, Vogelleben und Vogelschutz, Biologie und Bekämpfung der Schädlinge sind die Hauptgebiete, denen er sich mit Leidenschaft widmete und über die er zahlreiche Artikel in Zeitschriften und auch selbständige Schriften veröffentlicht hat. Sein Name wurde in der naturwissenschaftlich interessierten Allgemeinheit immer bekannter und schließlich zu einem Begriff. Verstand er es doch, alles, was ihm am Herzen lag, in selten ein-

dringlicher Weise an die Allgemeinheit zu bringen, so daß er einen großen Kreis begeisterter Leser um sich sammeln konnte, die sich zu seinen Ideen bekannten und seinen Anleitungen und Aufforderungen folgten. Es geht dies schon daraus hervor, daß die meisten seiner Schriften mehrere Auflagen erlebten.

Aber nicht nur als Schriftsteller, sondern auch als Herausgeber von Zeitschriften hat er großes Geschick bewiesen und ansehnliche Erfolge zu verzeichnen. Es sei nur auf den „Anzeiger für Schädlingskunde“ (seit 1948) hingewiesen und vor allem auf die von ihm gegründete „Naturwissenschaftliche Rundschau“, die er in kurzer Zeit zu einer der angesehensten allgemein naturwissenschaftlichen Zeitschriften Deutschlands mit hohem Niveau zu gestalten vermochte und die man heute gar nicht mehr missen könnte. Und endlich gibt er auch noch die Biographienreihe „Große Naturforscher“ heraus.

Als menschlicher Grundzug seines Wesens sei neben seiner echten Aufgeschlossenheit für alle Schönheiten der Natur sein unverwüstlicher Humor genannt, der ihn selbst in schwierigen Lebenslagen nicht verläßt und sich auf seine ganze Umgebung überträgt und diese unwillkürlich mitreißt. Möge diese köstlichste Gabe ihn auch weiterhin begleiten und ihn über alle Hemmnisse seines weiteren Lebens wie bisher leicht hinwegbringen. Das sei unser aufrichtigster und herzlichster Wunsch, den wir dem Jubilar an seinem Ehrentage überbringen.

Im folgenden bringen wir eine Übersicht über seine selbständig erschienenen Schriften:

„Die Mehlmotte.“ Schilderung ihrer Lebensweise und ihrer Bekämpfung. München, Verlag Natur und Kultur, Dr. Franz Jos. Völler, 1918. — „Schädlingsbekämpfung für Jedermann.“ Frasdorf, Erna Horn Verlag, 1933. Ab zweiter Auflage Helingsche Verlagsanstalt in Leipzig. 1944 vierte Auflage. Fünfte Auflage in Vorbereitung. — „Leitfaden der Schädlingsbekämpfung.“ Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., 1939. Dritte Auflage im Erscheinen. — „Gase in der Schädlingsbekämpfung.“ Berlin, Verlag Paul Parey, 1933. — „Natur um uns.“ Krailling, Erichewel Verlag, 1939. Zweite Auflage 1943. — „Die wichtigsten tierischen Schädlinge der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Ihre Erkennung und Bekämpfung.“ Berlin, Paul Parey, 1939. — „Praktischer Vogelschutz.“ Wien, Wilhelm Frick Verlag, 1942. 1943 zweite Auflage. Dritte Auflage Berlin, Verlag Naturkundliche Korrespondenz, im Erscheinen. — Mitarbeit an H. Kaisers Pharmazeutischen Taschenbuch mit dem Kapitel Pflanzenschutz. Stuttgart, Verlag Süddeutsche Apothekerzeitung, 1941. — „Die Beizung als unerläßliche Maßnahme des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes.“ München, Bayerischer Landwirtschaftsverlag G. m. b. H., 1948. — „Ungebetene Gäste.“ Berlin, Verlag Naturkundliche Korrespondenz. Im Erscheinen begriffen.

K. ESCHERICH

Prof. Dr. F. S. Bodenheimer,

Universität Jerusalem, wurde zum Ordentlichen Mitglied der Internationalen Akademie für Naturwissenschaften in Paris gewählt.

Eine Massenüberwinterung des Großen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.) an Kiefern

Daß der Große Fichtenborkenkäfer unter besonderen Umständen gelegentlich auf andere Nadelholzarten übergeht, ist eine bekannte Tatsache, die in allen Lehrbüchern der Forstentomologie erwähnt wird. Im November 1948 konnte ich im Lehrforstamt Bramwald (Ober-Wesergelbiet) eine Massenüberwinterung des *Ips typographus* an Kiefern feststellen, deren Verlauf kurz geschildert sei.

In den Jahren 1946—1948 entstand im Bramwald eine größtenteils zusammenhängende Kahlfäche von rund 40 ha durch den Fraß von *Ips typographus* in den geschlossenen Fichtenbeständen des Forstortes Totenberg. In einigen Distrikten sind dort den Fichten stamm- und gruppenweise gleichalte 80- bis 90jährige Kiefern beigemischt. Diese wurden zuerst überhaupt nicht vom Fichtenborkenkäfer befallen. Später einsetzende Käferanflüge wurden von den Kiefern durch starken Harzfluß



Abb. 1. Überwinterungsgänge des *Ips typographus* an Kiefer. Die Umgebung der wenigen Einbohrlöcher ist stark verharzt. Die Gänge wurden im November in die Stammfüße gesunder grüner Kiefern goboht, die saftfrische Baumschicht zwischen Rinde und Splint ist als weiße Fläche erkennbar. ($\frac{2}{3}$ nat. Gr.)



Abb. 2. Überwinterungsgänge des *Ips typographus* an Kiefer. Die Gänge sind kurz, nachfolgende Käfer fressen vom ersten Gang fingerartig ausstrahlende weitere Gänge. Die Überwinterung in großen Massen erweckt stellenweise den Eindruck eines Plätzefraßes (linke Bildhälfte). ($\frac{1}{3}$ nat. Gr.)

erfolgreich abgewehrt. Beim Abtrieb der abgestorbenen Fichten ließ man die vereinzelt Kiefern zunächst als Überhälter und Schirm für die neu zu begründeten Kulturen stehen. Man war froh, daß sie nicht auch dem Käfer zum Opfer gefallen waren. Im November 1948 stellte ich vereinzelt Spechtarbeit an den Stammfüßen der Kiefern fest, die anzeigte, daß dort etwas nicht in Ordnung war. Die erste Untersuchung Anfang November ergab, daß sich an den Stammfüßen der bisher gesunden Kiefern Fichtenborkenkäfer in Massen zur Überwinterung eingebohrt hatten. Löste man die mehrere Zentimeter dicke Borke der alten Kiefern von den Stammfüßen, so fielen die Käfer zu Hunderten zu Boden. Das Fraßbild der Überwinterungsgänge unterscheidet sich, wie die Abbildungen zeigen, nicht von den Überwinterungsgängen dieses Käfers an seinem spezifischen Fraßbaum, der Fichte. Lediglich eine naturgemäß stärkere Verharzung in der Umgebung der Einbohrlöcher ist bei den Gängen an der Kiefer bemerkenswert. Dieser bei Kiefer stärkere Harzfluß war aber nicht imstande, die Käfer von ihrem Eindringen abzuhalten. Viele Artgenossen benutzten das gleiche Einbohrloch. Nur wenige fressen einen eigenen Überwinterungsgang, die meisten folgen nur ihrem Vordermann. So sitzen sie in den Gängen dicht hintereinandergereiht, wie die Perlen an einer Schnur. Einige bohren dann fingerartig abzweigende Nebengänge von den ersten Gängen aus (siehe Abbildungen), in die ihnen auch gleich wieder andere Artgenossen folgen. Die Käfer fanden sich in solchen Massen ein, daß stellenweise der Eindruck eines Plätzefraßes entstand (Abb. 2). Mitte November vorgenommene Probe-fällungen mit anschließendem Entrinden derartig befallener, äußerlich frischer grüner Kiefern ergab, daß die Käfer sich nur am Stammfuß bis 1,5 m über dem Erdboden, aber auch unter der Rinde der Wurzeln bis 20 cm unter der Erdoberfläche zur Überwinterung eingebohrt hatten. Die dicke Borke der alten Kiefern bot ihnen guten Schutz.

Die Ursache dieser Massenüberwinterung des Fichtenborkenkäfers an Kiefern dürfte vielleicht darin zu suchen sein, daß die Käfer nach Abtrieb und anschließender Stockrodung sämtlicher Fichten keine zusagenden Überwinterungsquartiere mehr vorfanden und sich nun in die Kiefern, welche sie als einzige Bäume auf der Kahlfäche vorfanden, einbohrten.

ULRICH SCHINDLER

Referate

Kullenberg, Bertil, Studien über die Biologie der Capsiden. Zoologiska Bidrag Fran Uppsala 23, 522 Seiten, 1944, 129 Abb. im Text und 25 zum Teil kolorierten Tafeln (Inauguraldissertation).

Die Capsiden sind eine Gruppe ziemlich kleiner (1—11 mm Länge) Landwanzen von gewöhnlich langgestreckter ovaler Körperform und von verschiedener oft recht bunter Färbung. Über diese Wanzengruppe legt Kullenberg in der vorliegenden umfangreichen Schrift eine Monographie vor. Von den 180 schwedischen Arten wurden annähernd 100 eingehend beobachtet und studiert. Von jeder Art werden folgende Punkte ausführlich besprochen: Variabilität, Biotop, Ernährung, Benehmen, Lebenszyklus und Eiablage, wobei alle ökologischen Faktoren berücksichtigt werden. Die in dieser Weise durchgeführte Behandlung von 93 Arten nimmt die größere Hälfte (S. 10—314) ein. Darauf folgt im Kapitel II ein längerer zusammenfassender Abschnitt über Nahrung und Nahrungserwerb, wobei auch die Anatomie der Mundwerkzeuge berücksichtigt wird. Wir sehen daraus, daß es unter den Capsiden phytophage- und zoophage und auch Gemischtköstler gibt. Ein III. Kapitel beschäftigt sich mit der Körperhaltung und Bewegung (bei der Reinigung, in der Ruhe, beim Saugen usw.). Ein IV. Kapitel bringt eine Übersicht über die Biologie der Entwicklung: Verteilung der Geschlechter, Reifeentwicklung, Vorbereitung zur Kopula, Vorspiel oder Werbung, Auftreten des Paarungstriebes, die Kopulation, das Verhalten der Tiere unmittelbar vor und nach der Kopulation, das Ei und die Eiablage, der Micropylenapparat, die Eitypen, die Eiablage, der Mechanismus des Eiablageprozesses usw., ferner der innere weibliche Genitalapparat, das Zusammentreffen der Spermien mit dem Ei, die Lebensverhältnisse der Larven, die Entwicklung zur Imago, die Häutung und ihr Mechanismus, die Ernährung der Larven, die Farben der Larven vom biologischen Gesichtspunkt aus. Das letzte Kapitel handelt über einige spezielle Beziehungen der Capsiden zu ihrer Umwelt: die Feinde [die Hauptfeinde sind neben Spinnen räuberische Wanzen], Schutzmittel, Lebensweise der myrmecoiden Capsiden, die Capsiden und die Klimafaktoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Wind). Die Beobachtungen wurden hauptsächlich im Freien gemacht, zur Ergänzung und Kontrolle vor allem bzw. der Nahrungswahl und den Eiablagegewohnheiten wurden dann noch Beobachtungen an Tieren in der Gefangenschaft angestellt. Der Text ist von zahlreichen flott gezeichneten Habitus-Bildern begleitet, außerdem sind ihm 25, teils farbige Tafeln beigegeben, deren Bilder die Schilderungen ausgezeichnet unterstützen. Ein zehn Seiten langes Literaturverzeichnis beschließt das Werk.

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß wohl fast alle Fragen berücksichtigt sind, die bei einer monographischen Bearbeitung einer Tiergruppe auftauchen können. Man kann daher geradezu von einer vorbildlichen Monographie sprechen. Aus ihr kann man die große Begeisterung herausfühlen, die den Verfasser bei der jahrelangen Bearbeitung erfüllt und begleitet hat. Wenn man bedenkt, daß dieses inhaltsreiche Werk als Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde in der philosophischen Fakultät zu Uppsala gedient hat, so können wir der Fakultät sowohl als auch dem Verfasser nur unsere hochachtungsvollen Glückwünsche aussprechen.

Für jeden, der mit Landwanzen wissenschaftlich zu tun hat, ist das Kullenbergsche Werk unentbehrlich. Es sollte auch in keiner entomologischen Bibliothek fehlen.

K. E.

Weyer, Fritz, Grundriß der medizinischen Entomologie. Mit Einschuß der übrigen medizinisch wichtigen Gliederfüßler. 2. durchgesehene und ergänzte Aufl. Mit 63 Abb. im Text. Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage GmbH. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1949. Preis 10,— DM.

Daß ein Bedürfnis nach einer kurzen übersichtlichen Darstellung der medizinischen Entomologie besteht, wird schon dadurch gezeigt, daß nach verhältnismäßig kurzer Zeit eine Neuauflage notwendig geworden ist. Nicht nur für Ärzte, sondern auch für Entomologen, Biologen der verschiedensten Richtung bietet der Weyer'sche Grundriß eine gute Einführung in den großen und zum Teil hochinteressanten Stoff und eine erste Orientierung über bestimmte auftauchende Fragen. Das 1. Kapitel, das eine Übersicht über Bau, Entwicklung und Lebensweise der Insekten bringt, berührt alle wesentlichen wissenswerten

Punkte in denkbar geraffter klarer Sprache. Die übrigen Kapitel (Gliederfüßler als Krankheitserreger und -überträger. Die human- und veterinärmedizinisch wichtigen Gliederfüßler, Der Kampf gegen die Gliederfüßler und ihre gesundheitlichen Schäden, Entomologische Technik) schließen sich gleichwertig an. Wir können den Grundriß Weyers aufs beste empfehlen. Er wird vielen die Augen öffnen über die hohe und bisher noch lange nicht gebührend erkannte Bedeutung der Insekten in unserem täglichen Leben.
K. E.

Reichenow, Eduard, Grundriß der Protozoologie für Ärzte und Tierärzte.
2. durchgesehene und ergänzte Aufl. Mit 77 Abb. im Text. Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage GmbH. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1946. Preis brosch. 8,40 DM. .

Der Reichenowsche Grundriß ist eine ausgezeichnete Ergänzung zu dem eben besprochenen Grundriß der medizinischen Entomologie. Er gibt einen ebenso klaren und vollständigen Überblick über die eigentlichen Erreger der Krankheiten, wie dort die Überträger der Erreger geschildert werden. Im Allgemeinen Teil wird der Bau und die Leistung der Protozoen (Bewegung, Stoffwechsel, Reizerscheinungen) behandelt, dann die Fortpflanzung und Entwicklung, der Parasitismus und das System, die Protozoen des Menschen und die Untersuchungstechnik. Sodann folgt im zweiten Teil eine Beschreibung der wichtigsten Vertreter der einzelnen Klassen und ihre Rolle in der Medizin und Tiermedizin. Denn in erster Linie werden die Krankheitserreger und die harmlosen Protozoen des Menschen und seiner Haus- und Nutztiere behandelt, um diese erkennen und unterscheiden zu können. Bei den Krankheitserregern findet sich auch eine Erörterung der Wirkungsweise und damit ein Eingehen auf die Pathogenese, während von einer klinischen Darstellung der Protozoenkrankheiten abgesehen wird.

Die Bebilderung ist reichhaltig und gut gewählt, so daß auch der der Protozoenkunde Fernstehende sich einen guten Begriff von der so überaus mannigfaltigen und formenreichen Welt der „Urtiere“ machen kann. So kann der Grundriß Reichenows nicht nur den Ärzten und Tierärzten, sondern auch den allgemein naturwissenschaftlich interessierten Kreisen wärmstens empfohlen werden.
K. E.

Merkblätter des Bernard Nocht-Institutes für Schiffs- und Tropenkrankheiten Hamburg

Medizinisch wichtige Insekten.

Merkblatt 1: Läuse von Prof. Dr. E. Martini. 9.—11. Auflage. Mit 8 Abb. 1949. Preis brosch. —, 75 DM.

„ 3: Flöhe von F. Weyer. 5. und 6. Auflage. 1946. Preis —, 25 DM.

„ 4: Die Stubenfliege von F. Zumpt. 5. und 6. umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1945. Preis —, 40 DM.

Medizinisch wichtige Spinnentiere.

Merkblatt 3: *Rhipicephalus sanguineus* Latreille und andere krankheitsübertragende *Rhipicephalus*-Arten. Von F. Zumpt Mit 11 Abb. Preis —, 40 DM.

Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage GmbH. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1945—1949.

Die Merkblätter dienen zur schnellen Orientierung für den Arzt und Hygieniker. Sie enthalten jeweils eine kurze Beschreibung des betreffenden Tieres, ferner die wichtigsten Daten seiner Biologie, Entwicklungsgeschichte und geographischen Verbreitung. Dann wird die Rolle, die es als Verbreiter bzw. Überträger von Krankheiten spielt und endlich die erprobten Vorbeugungs- und Bekämpfungsmethoden angegeben. So enthalten die Merkblätter das Wichtigste, was zur schnellen und zuverlässigen Beantwortung der ersten Fragen dient, die dem Arzt beim Vorkommen der betreffenden Tiere auftauchen. Hinweise auf die wichtigste Literatur geben ihm die Möglichkeit, tiefer in das Gebiet einzudringen. Die Merkblätter gehören nicht nur in die Hand jedes Arztes, sondern auch an die Bibliothek jeder Behörde, die mit der öffentlichen Gesundheitspflege zu tun hat.
K. E.

Entomologische Blätter für Biologie und Systematik der Käfer.

Herausgegeben von Hans Goecke und Alfons Evers. 41.—44. Band, 1945—1948. Verlag von Goecke & Evers, 192 Seiten. Preis 16,— DM.

In alter Ausstattung sind die Entomologischen Blätter wieder erschienen, nachdem im Jahre 1941 ihr Erscheinen wegen der Kriegsverhältnisse eingestellt werden mußte. Eine Reihe namhafter Autoren kommen darin zu Wort. Alle Coleopterologen werden das Wiedererscheinen dieser ersten Zeitschrift mit Freude begrüßen. Wir wünschen dem Verlag, daß er bald wieder seinen alten Stammkreis von Abonnenten um sich versammeln kann.

K. E.

Bieling, Richard, Viruserkrankheiten, I. Teil. Die Viruserkrankheiten des Menschen. 3. Aufl. VIII, 152 Seiten. Arbeitsgemeinschaft Medizinischer Verlage. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1949. Preis brosch. 6,40 DM.

Der Zweck des vorliegenden Buches ist, alles, was über die Viruserkrankheiten des Menschen bekannt ist, kurz zusammenfassend darzustellen und den Arzt so in dieses verhältnismäßig junge und noch sehr ausbaufähige Gebiet der Medizin einzuführen. Wenn das Buch in einer entomologischen Zeitschrift besprochen wird, so deshalb, weil viele der Viruserkrankheiten von Insekten übertragen werden, z. B. Gelbfieber und Dengue durch Stegomyen, Encephalomyelitiden durch Zecken oder Aedes-Arten, Fleckfieber durch Kleiderläuse usw. Wahrscheinlich werden sich bei weiterer Forschung noch bei einer ganzen Reihe von Viruserkrankheiten, deren Übertragungsart man noch nicht kennt, Insekten als Überträger herausstellen. Es ist erstaunlich, welche große Zahl von Krankheiten sich als durch Virus bedingt erwiesen haben und es ist zweifellos, daß ihre Zahl noch beträchtlich wachsen wird, zumal die Virus-Forschung immer intensivere Formen annimmt. So wird das Bieling'sche Buch, dessen Darstellung sehr klar und straff gehalten ist für alle, die sich für dieses Arbeitsgebiet zu interessieren beginnen, ein hochwillkommenes erstes Hilfsmittel sein. Aber auch jeder Arzt hat heute die Pflicht, das Wichtigste über die Viruserkrankheiten kennenzulernen und hierzu ist das Studium des vorliegenden Buches sehr geeignet.

K. E.

Schmidt, Hans, Die tierischen Schädlinge des Holzes. Mit einem Vorwort von Franz Heske. 116 Seiten, mit 53 Abb. Verlag M. und H. Schaper, Hannover 1949. Preis brosch. 7,20 DM.

Die deutsche Holzbilanz steht, wie Heske im Vorwort ausführt, vor der Tatsache eines jährlichen Fehlbetrages von rund 30 Millionen fm, d. h. etwa der Hälfte des Bedarfes. Gelingt es nicht diese Lücke durch Holzeinfuhren zu decken, dann ist der Zusammenbruch des deutschen Waldes unvermeidlich. Unter diesen Umständen erlangen alle Möglichkeiten nachhaltiger Holzersparnis größte Bedeutung. Zu den wichtigsten Maßnahmen der Holzeinsparung gehört der Holzschutz. Welch große wirtschaftliche Bedeutung der Holzschutz hat, dafür möge ein Beispiel angeführt werden: Bei der Imprägnierung des Grubenholzes wurde für Deutschland eine Ersparnis von jährlich 30 Millionen Goldmark errechnet.

Bei dieser Bedeutung des Holzschutzes ist der Schmidt'sche kurzgefaßte Leitfaden zur Erkennung und Bekämpfung der tierischen Schädlinge des Holzes sehr zu begrüßen. Er bildet die Niederschrift einer Vorlesung über tierische Holzschädlinge an der Universität Hamburg und ist auf den Wunsch seiner Hörer entstanden.

Nach einer kurzen allgemeinen Übersicht über die zoologischen Grundlagen der tierischen Holzschädlingkunde werden die einzelnen Arten nach ihren Merkmalen, ihrer Biologie, ihrer Schädlichkeit besprochen. Außer den Insekten werden auch die Bohrmuscheln, die Bohrrassel und der Bohrflohkrebs behandelt. In einer Tabelle werden alle Holzschädlinge zusammengestellt nach Vorkommen und Schädlichkeit. Ein zwölfseitiges Literaturverzeichnis beschließt die Schrift. Auf 13 Tafeln werden die wichtigsten Schädlinge und einige Fraßbilder in Zeichnungen dargestellt.

K. E.

Autorenregister

A

Abel 232, 257.
 Abderhalden 339, 630.
 Acqua 4, 6, 28.
 Aders 626.
 Adie 626
 Ahrens 559, 580.
 Albertus Magnus 619.
 Alcock 624, 627.
 Aldrovandus 619.
 Alessandrini 631.
 Allman 90, 96.
 Almrasow 633.
 Alquist 87.
 Altara 633.
 Anderson 339, 473, 479, 485,
 494, 499.
 Annand 80, 96.
 Anonym 619, 620, 624, 625,
 630
 Appel 455.
 Apstein 626.
 Aristoteles 619, 621.
 Armstrong 89, 90.
 Aschersohn 603.
 Aube 620.
 Aubert 621.

B

Baer 446, 447, 453, 604.
 Baker 631.
 Bakowski 272.
 Balzer 87.
 Bandt 208, 220, 226.
 Bangs 633.
 Baranoff 604.
 Barbey 415, 423.
 Barfurth 636.
 Bargmann 352, 362, 366, 367,
 368, 371, 423.
 Barnes 82, 96.
 Barthelmä 351.
 Bares 305, 332.
 Batóry 158.
 Baudet 631.
 Baudisch 423.
 Bauer 228, 232, 233, 238,
 243, 257.
 Bayer 623.
 Becher 622.
 Becker 100, 132, 133, 134,
 135, 136, 137, 145, 146,
 148, 154, 158, 159, 162,

Becker 163, 167, 168, 172.
 173, 176, 275, 283, 285,
 287, 288, 289, 291, 292,
 293, 294, 295, 296, 297,
 298, 299, 302, 339, 500,
 630, 633.
 Bedford 632.
 Béguin 623.
 Belitz 629.
 Belovodsky 624.
 Beneden 620.
 Bergold 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11,
 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21,
 22, 24, 26, 31, 32, 35.
 202, 207, 253, 339.
 Bernard 628.
 Bequaert 632.
 Bieling 507.
 Bier 633.
 Birsch-Hirschfeld 622.
 Bischoff 62.
 Bishopp 87, 88, 94, 96, 629.
 Blair 302.
 Blanchard 622.
 Blasky 455.
 Blochmann 636.
 Blunck 59, 77, 230, 257,
 339, 456, 427, 471, 472,
 500, 541, 580.
 Boas 580.
 Bodenheimer 61, 76, 502.
 Bodin 626.
 Bodnar 628.
 Bogdanow-Katjkow 593, 607.
 Bolle 4, 5, 6, 9, 12, 26.
 Bos 592, 596, 603, 605, 607,
 622, 634.
 Bouchet 95, 96.
 Bouhet 629.
 Bouin 546.
 Bouley 622.
 Bourguignon 620.
 Boutan 373.
 Boyce 83, 84, 96.
 Boyd 634.
 Böhm 4, 6, 29.
 Börner 339.
 Böttger 439.
 Brandner 630.
 Brandt 246, 257.
 Brass 621.
 Braun 339, 346, 352, 363,
 364, 365, 367, 409, 423,
 541, 580, 624.

Brauns 339.
 Breindl 4, 5, 6, 26, 30, 32
 Brenner 274, 403, 423, 456,
 457, 472, 488, 499.
 Britten 634.
 Brohmer 632.
 Brown-Séguard 621.
 Bruce 509.
 Brues 633.
 Bruno 624.
 Bryden 88, 90, 98.
 Buchner 13, 35, 158, 173.
 632.
 Buchoz 619.
 Buck, de 330, 332.
 Bueb 76.
 Buhl 580.
 Buhler 624.
 Burmeister 620.
 Burnett 620.
 Butovitsch 340.
 Butt 581.
 Buxton 629.
 Buttker 370.

C

Cagny 621.
 Cambournac 332.
 Cameron 630.
 Campau 82, 96, 98.
 Campell 79.
 Carnoy 546.
 Carpenter 632.
 Castellani 627.
 Ceballos 340.
 Cecconi 415, 423.
 Chalmers 627.
 Chandler 626, 630.
 Chapmann 3, 4, 27, 230,
 257, 258.
 Chatton 624.
 Chin 593, 608.
 Cholodkovsky 623.
 Clea 626.
 Coleopterorum Catalogus 538,
 580.
 Collins 513.
 Comstock 633.
 Cottam 208, 220, 226, 227.
 Cotton 86, 96.
 Coues 621.
 Coute 5, 6, 9.
 Cozette 629.
 Cristol 81, 97.

Crowther 627.
Cullock 633.
Cuno 619.
Cuvier 620.

D

Dampf 625.
D'Ancona 230, 258.
Dauberschmidt 340.
Decker 80, 97.
Decoppet 580.
Decourt 633.
Deegener 627.
Delafond 620.
Derksen 148.
De Wilde 340.
Disselhorst 627.
Ditman 89, 90, 97.
Dobzhansky 233, 238, 255,
258.
Dobrosky 629.
Dosse 500.
Döhring 168, 173.
Dresbach 627.
Duméril 620.
Dunn 633, 634.
Dusban 89, 90, 97.
Du Toit 536.
Duvall 87.
Dürigen 630.

E

Earle 332.
Ebeling 89, 97.
Eckstein 3, 27, 292, 294,
299, 302, 624, 625.
Eggers 340.
Ehrlich 546.
Ehrmann 632.
Eichler 310, 332, 617, 618,
634.
Eidmann 229, 230, 255, 258,
302, 455, 580, 584, 587,
589, 590.
Eisentraut 310.
Ellsworth 632.
Elton 239, 255, 258.
Emmel 13, 224, 227.
Enderlein 623, 624, 627, 630,
632.
Ené, Ilie Mircea 541, 580.
Engel 246.
Eos 340.
Eriksen 628.
Erna 133.
Escherich 4, 6, 21, 27, 29,
30, 32, 35, 168, 175, 230,
233, 247, 253, 258, 280,
284, 289, 291, 298, 302,
352, 355, 357, 358, 359,
375, 377, 423, 448, 453,
500, 502, 580.

Essig 630.
Evans 624.
Evers 507.
Everts 592, 607.
Ewing 88, 632.
Eymelt 340.
Eysell 625.

F

Fahey 82, 83, 84, 85.
Fahrenheit 617, 618, 627.
Farber 389, 423.
Federley 239, 258.
Feige 592.
Fenjves 340.
Fernald 246.
Ferris 632.
Fiedler 38, 473, 509.
Finck, v. 450, 451, 453.
Finkenbrinck 154, 173.
Finnland 340.
Fischer 232, 245, 258, 340,
411.
Flachs 340.
Flanders 492, 499.
Fleck 81, 97, 434.
Forbush 246.
Ford 232, 242, 258.
Förster 379.
Franz 228, 230, 231, 242,
258, 340, 369, 420, 423,
501.
Fresca 629.
Freud 628, 632.
Freude 351.
Frey 609, 610.
Frickhinger, Dietrich 209.
Frickhinger, H. W. 338, 340,
501.
Friedrichs 141, 230, 247,
250, 258, 340.
Friessicke 628.
Frisch, v. 340, 341.
Frobisch 166, 173.
Frogatt 623, 625, 628.
Fröhner 623, 626.
Fuchs 355.
Fuller 513, 536.
Fürstenau 627.

G

Gaiger 624, 626.
Gallagher 629.
Galliard 634.
Galli-Valerio 622, 623, 624,
625, 626, 627, 628, 629,
630, 632, 633.
Gangltauer 375.
Gäbler 341, 440, 453.
Gebauer 633.
Gedoelst 624.
Geiger 423.

Geigy 209.
Geissel 254, 258.
Geoffroy 619.
Gerischer 424.
Gerstaecker 622.
Gervais 620.
Giebel 621.
Gillette 622.
Gilruth 623, 625.
Glaser 3, 4, 27, 29.
Glasgow 82, 97.
Goecke 502.
Goetsch 158, 173.
Goetze 634.
Goeze 619.
Goldbeck 623.
Goldschmidt 254, 258.
Goljubew 633.
Goullon 631.
Goureaux 621.
Coury 592, 607.
Gonzales 65, 76.
Gowdey 473, 499.
Görnitz 341, 456, 472.
Gösswald 99, 100, 113, 133,
158, 162, 173, 341, 447,
453.
Götz 208, 209, 211, 213, 214,
215, 220, 227, 261, 274.
Graber 560, 565, 579, 581.
Gradojevic 341.
Gratia 4, 35, 36.
Griffith 620.
Grogner 620.
Groschke 500.
Großkopf 341.
Gruenewald 633.
Grünberg 626.
Guénanse 628.
Guerin-Méneville 6.
Guignon 592, 607.
Günthart 87, 90, 92, 94, 97,
341.
Gyllenball 592, 607.
Györfi 341.

H

Haas 628.
Hackett 330, 332.
Hackmann 85, 89, 97.
Hadlington 625.
Hadora 255, 258.
Hall 625, 627, 629.
Haller 81, 97, 431, 434.
Hamilton 91, 93, 97.
Handlirsch 623.
Hansen 632.
Harder 183.
Hargreaves 473, 474, 485,
491, 499.
Harman 83, 97.
Harris 518, 536.

Harrison 618, 625, 626, 627, 628, 629, 630.
 Harz 622.
 Hase 99, 133.
 Hassall 622, 631.
 Haubner 622.
 Hayes 81.
 Hähne 457, 472.
 Hänni 88, 91, 92, 94, 97.
 Hårdtl 341.
 Heberer 257.
 Heberdey 633.
 Hecht 332.
 Heer 580.
 Hegner 631.
 Heidenreich 3, 4, 26, 27, 28, 35, 302.
 Heidrich 627.
 Heikertinger 341, 630.
 Heine 631.
 Heinz 304.
 Heitz 158, 173.
 Hennig 604, 607.
 Henriksen 627, 634.
 Henry 625, 628.
 Henze 32.
 Herfs 99, 133, 166, 167, 173.
 Hering 342, 621.
 Herter 137, 145, 173.
 Hertig 629.
 Hertwig 636.
 Heske 342, 507.
 Heymons 462, 472, 626, 634.
 Higgins 208, 220, 226.
 Hill 90, 97.
 Himnan 87, 97.
 Hindle 628.
 Hixson 90.
 Hofmann 27, 57, 76, 230, 258.
 Holbeche 88, 90.
 Holst 80, 97.
 Homer 619.
 Hooke 619.
 Hopkins 617.
 Horn 231, 258.
 Hornady 239.
 Hornung 627.
 Horvath 622.
 Hough 81, 83, 97.
 Howard 625, 626.
 Hölldobler 342, 583, 584, 587, 590.
 Hudlmayer 351.
 Hull 625.
 Hundertmark 320, 328, 332, 333.
 Hunold 431.
 Hurt 81.
 Hurlt d'Arboreal 621.
 Hutgra 628.

I

Ihle 625.
 Illingworth 627, 630, 632.
 Imes 627, 630, 632.
 Imms 635.
 Ingle 80, 95, 96.
 Ivy 88, 97.

J

Jacentskovskij 604.
 Jacobson 592, 593, 600, 607.
 Jaffé 633.
 Jahn 342.
 Jamson 90.
 Jancke 274, 580.
 Janecek 342.
 Janisch 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 19, 21, 24, 26, 27, 31, 35, 141, 173, 181, 182, 183, 184, 185, 202, 204, 205, 206, 207, 234, 235, 236, 245, 246, 258, 342, 456, 471, 472.
 Jellison 634.
 Johannsen 234, 258, 581.
 Johnie 622.
 Johnson 629.
 Jørgen 619.
 Judeich-Nitsche 423.
 Judenko 342.
 Jullien 621.
 Junk 608.
 Jürgens 634.

K

Kaeser 501.
 Kaltwasser 173.
 Kaner 87, 98.
 Kangas 342, 353, 400, 423.
 Kappert 235, 259.
 Karmy 628.
 Kaufmann 141, 173, 342.
 Kaupp 629, 630.
 Kearns 80, 95, 96, 98.
 Keferstein 620.
 Kelen 342.
 Keller 617, 618.
 Kellogg 622, 623, 633.
 Kemner 302.
 Kemper 302, 500.
 Kirchner 342, 592, 607.
 Kirby 620.
 Kirkpatrick 58, 76, 473, 477, 478, 479, 480, 481, 485, 488, 489, 490, 491, 494, 495, 496, 499.
 Kitt 630.
 Klatt 246, 259, 342.
 Klee 624.
 Kleine 377, 379, 423.
 Kliesch 634.

Klimmer 629.
 Klose 310.
 Klosz 333.
 Kluge 536.
 Klugkist 624.
 Knoche 4, 6, 7, 9, 27, 29, 35, 185.
 Koch 11, 158, 173, 302, 342.
 Koang 634.
 Koegel 629.
 Kofoid 100, 133, 134.
 Kohaut 623.
 Kohn 631.
 Kolázy 621.
 Kolbe 622.
 Koller 342.
 Komarek 4, 5, 6, 26, 29, 30, 32, 35, 36, 343.
 Konlechner 343.
 Kopek 631.
 Korschefsky 581.
 Kotte 92, 95, 334.
 Köhler 10, 230, 235, 236, 259, 260.
 Köhler, O. 229.
 König, E. 292, 302.
 König, Paul 343.
 Kraemer 349, 423, 501, 629.
 Kraepelin 623.
 Krassilshitschik 3, 27.
 Kratochvil 343.
 Krause 630.
 Krauss 501, 623.
 Kronacher 239, 259.
 Krueh 501.
 Krüpe 224.
 Kuenen 343.
 Kuhn 343, 344, 352, 364.
 Kullenberg 343, 505.
 Kunicke 302.
 Kurir 343.
 Küchenmeister 620.
 Kühn 167, 236, 255, 259.
 Küster 592, 607.

L

Lackowitz 603.
 Lacroix 621.
 Lahaye 631.
 Laibach 501.
 Lambert 621.
 Lameere 634.
 Lammering 87.
 Lamson 627.
 Landois 621.
 Landt 619.
 Langeron 632.
 Laplane 634.
 Latreille 619.
 Launcelot 627, 629, 630.
 Laurie 625.
 Laven 324.
 Law 633.

Länger 79, 98, 343.
 Leblais 628.
 Lefèvre 592, 607.
 Legatow 601, 605, 607.
 Lehmann 581, 626,
 Leidy 622.
 Lengerken, v. 462, 472.
 Le Pelley 473, 499.
 Letje 3, 4, 5, 6, 7, 12, 17,
 18, 19, 24, 26, 27, 36,
 202.
 Letzerkoss 351.
 Leuckart 545, 581, 620.
 Leunis 620.
 Leuzinger 560, 581.
 Levrat 5, 6.
 Lewis 631.
 Liese 100, 132.
 Lietz 433.
 Lindemuth 343.
 Lindroth 633.
 Linder 538, 569, 572, 573,
 581.
 Lindner 343.
 Linstow 624.
 Loos 450, 453.
 Loracz 232, 259.
 Lotmar 343.
 Loveridge 633.
 Löscher 176.
 Ludewig 629.
 Ludwig 229, 239, 240, 259.
 Luggen 622.
 Lundbeck 627.
 Lüttschwager 632

M

Maag, A. G. 343.
 Maag, R. 343, 344.
 Macalister 621.
 Madel 281, 302, 336, 455.
 Magsymov 346.
 Major 625.
 Malac 343.
 Mandoul 629.
 Marek 628.
 Marseul, de 592, 607.
 Martin 79, 81, 98, 343, 344,
 626.
 Martinaglia 631.
 Martini 305, 310, 313, 325,
 326, 327, 330, 333, 506,
 628, 636, 637.
 Mayen 622.
 Mayer 626.
 Meckenbach 99, 133.
 Méguignon 592.
 Méguin 622, 623.
 Melander 633.
 Melnikow 621.
 Menkiewicz 344.
 Mense 625.

Menzel 344.
 Menzell 340.
 Merok 161, 162.
 Merckenschlager 344.
 Merrett 619.
 Metcalf 80, 95, 96.
 Metelkin 635.
 Metzger 176.
 Meunier 544, 569, 581.
 Meusel 423.
 Meyer, E. 344.
 Meyer 580.
 Michel 158, 173.
 Miessner 627.
 Mikuschka 630, 631.
 Miyajima 4, 6, 21, 29, 30.
 Mocher 246.
 Mollison 551, 552, 581.
 Monning 631.
 Moore 626.
 Moraeitz 592, 607.
 Morgenthaler 344.
 Morgentown 379.
 Morris 634.
 Mors 198, 207, 229, 231,
 232, 242, 245, 248, 249,
 252, 253, 259.
 Morstadt 59, 76, 344.
 Moufet 619.
 Moulé 625.
 Mulder 592.
 Mühlens 13.
 Müller 79, 98, 343.
 Müller, G. 628.
 Müller, F. P. 591, 607.
 Müller, T. 625, 626, 634.

N

Nauck 304.
 Naumann 623.
 Neu 580, 581.
 Neujukow 633.
 Neumann 622, 623, 625, 626.
 Neumüller 633.
 Niklas 252, 259, 344, 447,
 448, 449, 450, 451, 453,
 Nitsche 357, 359.
 Nollau 631.
 Nolte 344, 345, 448, 453.
 Notley 58, 59, 61, 62, 76.
 Nöller 633.
 Nüsslin 302, 352, 357, 358,
 423.

O

Offhaus 158, 166, 173.
 Ogloblin 592, 593, 607.
 Offer 618.
 Oppermann 628.
 Otte 631.
 Oudemans 625, 628.

P

Pacheco 633.
 Packard 623.
 Pagniez 633, 634.
 Paillot 4, 5, 6, 8, 17, 18,
 26, 30, 31, 35, 36.
 Paine 625.
 Palmén 345.
 Pape 345.
 Pandelle 604.
 Parker 260.
 Pasfield 88, 90, 98.
 Patman 89, 90.
 Pávany-Vagna 624.
 Pearl 230, 259.
 Pecka 621.
 Peleger 617, 618.
 Pelley, Le, 73, 76.
 Perris 302.
 Perrier 630.
 Perrot 635.
 Peters 336, 617, 632.
 Petri 592, 607.
 Pfeffer 345.
 Pfleger 629, 631.
 Picard 624.
 Piepew 167, 173.
 Pierce 372, 624.
 Pinto 632.
 Plichet 633, 634.
 Plinius 619.
 Poloshnoff 581.
 Poppe 136.
 Porter 83, 95, 98.
 Prell 4, 6, 7, 36, 303, 333,
 345, 346, 347, 348, 349,
 350, 351, 354.
 Preller 592, 607.
 Prendergast 84.
 Provajek 4, 5, 6, 12, 36.
 Putscher 29.
 Pütter 423.

R

Raebiger 634.
 Railliet 621, 622.
 Raitsits 626.
 Rapp 607.
 Ratzeburg 352.
 Raucourt 86, 94, 98.
 Rauh 628.
 Rauscher 345, 501.
 Redtenbacher 592, 607.
 Regnier 581.
 Reh 250.
 Reichardt 592, 593.
 Reichenow 34, 506, 631.
 Reinhardt 630, 631.
 Reinig 233, 259.
 Reitter 352, 355, 358, 375,
 423, 424, 592.
 Reuter 627.
 Rumbler 250, 259, 358, 423.

Richter 345.
 Rieck 345.
 Riemschneider 208, 224, 227,
 416, 424, 429.
 Ries 632.
 Riggert 569, 572, 581.
 Riley 628.
 Rippel 345.
 Ritzema 607.
 Robert 6.
 Rocha-Lima 630.
 Ruczicka 5, 6, 9, 29, 30,
 32, 36.
 Rudelt 246, 259.
 Rudnene 168, 174.
 Roegner-Aust 3, 4, 5, 7, 8,
 9, 13, 14, 21, 23, 31, 36,
 181, 182, 202, 204, 205,
 206, 207, 208, 214, 227,
 345, 501.
 Rohrmoser 208, 227.
 Romeis 546.
 Rougemont 623.
 Rüser 455.
 Rößler 345.

S

Saalas 345, 581.
 Sacharow 593, 596, 597, 599,
 600, 602, 607.
 Sachtleben 250, 259, 351,
 377, 386, 575, 581, 605.
 Sainte-Claire Deville 592,
 607.
 Salles 634.
 Sanson 621.
 Nasaki 27, 36.
 Saunders 513.
 Schanderl 158, 163, 174.
 Scharkowski 345.
 Schaff 625.
 Schedl 246, 248, 259, 345.
 Scheidter 352, 355, 424,
 559, 581.
 Schenkling 608.
 Schering 209.
 Schiesche 626.
 Schimitschek 76, 276, 294,
 303, 345, 346, 352, 354,
 355, 380, 381, 382, 395,
 402, 424.
 Schindler 505.
 Schindelka 623, 624.
 Schlöttke 158, 163, 174.
 Schmidt, E. 346.
 Schmidt, Hans 507.
 Schnauer 457, 472.
 Schneidemühl 623.
 Schneider-Orelli 334, 346,
 352, 364, 365, 417, 424,
 538, 540, 543, 544, 569,
 581, 582.

Schnetter 229.
 Schreiner 593, 608.
 Schtschegolew 592, 593, 605,
 608.
 Schuch 136, 137, 140, 141,
 145, 174, 303, 539, 567,
 569, 575, 576, 582.
 Schuberg 310, 330, 333.
 Schuermann 633.
 Schulz 100, 133, 635.
 Schulze 100, 133, 434.
 Schwalbe 626.
 Schwangart 346.
 Schwartz 622.
 Schwarz 303.
 Schwardtfeger 141, 174, 229,
 230, 246, 249, 252, 255,
 259, 276, 346, 369, 390,
 391, 424, 443, 454, 539,
 541, 542, 543, 545, 559,
 574, 575, 577, 582.
 Seeholzer 346.
 Seeliger 636.
 Seguy 604.
 Seidlitz 592, 608.
 Seifert 100, 133, 134.
 Sharp 623.
 Shepard 79, 98.
 Shibley 623.
 Shufeldt 692.
 Siedamgrotzky 622.
 Siegrist 346.
 Sigmond 347.
 Sikora 626.
 Simo 620.
 Simonds 621.
 Simpson 621.
 Skrajapin 635.
 Slade 87, 89, 90, 91, 94, 98,
 209, 227.
 Sluiter 625.
 Smee 499.
 Smirkula 355.
 Smirnow 230, 259.
 Snodgrass 567, 582.
 Sokolowsky 624, 627.
 Sommer 134.
 Sousa Napolis 522, 536
 Speiser 623, 624.
 Spence 620.
 Speyer 141, 174.
 Spielmann 629.
 Sprehn 631, 633.
 Sprengels 178.
 Sprossmann 183.
 Stadler 347.
 Stahl 246, 260.
 Stanley 16.
 Stein 582, 604, 620.
 Steiner 82, 83, 84, 85, 98,
 137, 151, 152, 153, 174,
 347.

Steiniger 336.
 Stellwaag 64, 76, 141, 174,
 176, 271, 272, 274.
 Stetter 630.
 Steudel 542, 582.
 Stiles 631.
 Stolze 592.
 Strack 619.
 Straus-Durckheim 545, 582.
 Strohl 236, 260.
 Ströse 625.
 Studer 622.
 Stunkard 632.
 Subklew 230, 260, 540, 541,
 564, 582.
 Summerland 82, 83, 84, 85,
 98.
 Sundevall 619, 620.
 Swellengrebel 330, 332, 333,
 625.
 Swezey 633.

T

Tartiv 621.
 Taschenberg 621.
 Taylor 88, 89, 98.
 Teodoro 5, 6.
 Tempere 623.
 Thalenhorst 247, 248, 260,
 347.
 Thaxter 625.
 Thiel, van 333.
 Thiem 501, 542, 582.
 Thienemann 347.
 Thomas 90, 98.
 Thompson, G. B. 260, 582,
 617, 634, 635.
 Thompson, R. W. 634.
 Thomson 347.
 Thor 632.
 Thren 353, 392, 424.
 Timaeus 36.
 Timoféeff-Ressovsky 228,
 232, 233, 238, 243, 257,
 260.
 Titschack 347, 501, 631, 634.
 Tooke 148.
 Toppin 513.
 Tóth 158, 174, 347.
 Trager 16.
 Trail 621.
 Trappmann 77, 98.
 Trasbot 621.
 Trägårdh 242, 303.
 Tretrop 628.
 Trouessart 622, 623.
 Tschetwerikoff 238.
 Tubeuf, v. 3, 27, 36, 352,
 389, 391, 393, 394, 424.
 Tur 551, 552, 555, 582.

U

Uchida 628.
 Ulmann 230, 260, 333.
 Ulmer 632
 Underhill 629.
 Uwaov 231, 260, 372, 373.
 424.

V

Van Emden 592, 607.
 Verdun 629.
 Viehmeyer 587.
 Vietinghoff-Riesch, v. 347.
 Voekel 231, 246, 260
 Voeltzkow 560, 565, 579.
 582.
 Vogel 537.
 Voigt 620.
 Volkart 581.
 Voss 628.
 Voute 347.

W

Wachtl 30, 36, 352, 424,
 454.
 Wadley 424.
 Wagner 351.
 Wahl 6, 9, 27, 36, 185, 347.
 Wallace 89, 98.
 Waldmann 168, 174.
 Walter 351, 353, 391, 392.
 393, 394, 396, 424.
 Waltherum Ryff 619.
 Walton 627.
 Wam 79, 81, 98.
 Wappes 347.
 Warasi 333.
 Ward 629, 635.

Washbourn 76.
 Wasielewski 630.
 Webber 246.
 Weber 351, 561, 582, 634.
 Webster 624.
 Wedl 620.
 Wegelein 634.
 Weidner 151, 174, 292, 303.
 Weise 593, 608.
 Weissmann 392, 424.
 Wellenstein 6, 29, 30, 31,
 32, 36, 181, 192, 193, 198,
 207, 230, 231, 232, 244,
 245, 246, 249, 251, 252,
 253, 254, 260, 347, 443,
 454.
 Westhoff 347.
 Westhoff de Jouchere 347.
 Westwood 620.
 Weyer 304, 305, 307, 310,
 313, 321, 323, 325, 328,
 330, 333, 336, 347, 505,
 506.
 Whitaker 626.
 Wialovitsch 259.
 Wielowieyski 550, 551, 552,
 553, 582.
 Wiemann 632.
 Wiesmann 78, 83, 98, 208,
 227, 501, 564, 565, 581,
 582.
 Wigglesworth 558, 582.
 Wilde 638.
 Wilke 30, 36
 Wilkinson 473, 482, 488,
 499.
 William 624.
 Williams 100, 134, 347.
 Wilson 82, 87, 98, 633.

Wimmer 621.
 Winter 439
 Wolbach 629.
 Wolfram 501.
 Wolff 4, 5, 27, 36, 37, 290,
 303.
 Wolsky 158.
 Wood 627, 629.
 Wong 593, 608.
 Wright 632.
 Wurm 622.
 Wundrig 182, 186, 206, 617.
 Wundriga 347.
 Wülker 630, 631.

X

Xylander 624.

Y

Young 87.

Z

Zabler 183.
 Zacher 168, 294, 303, 347.
 Zander 175, 177, 178, 179,
 337, 339, 347.
 Zederbauer 30, 37.
 Zernike 4, 14, 17, 184.
 Zibordi 626.
 Zuern 621.
 Zumbt 347, 506, 521, 536.
 Zunker 617, 632.
 Zweigelt 347, 540, 582.
 Zwick 626.
 Zwolfer 13, 22, 30, 37, 198,
 202, 207, 220, 229, 248,
 260, 303, 347, 350, 351.
 488, 499, 500.

Sachregister

A

Abia Leach 342.
Abies 354, 355.
Abies alba 358, 380, 381, 396.
 — *sibirica* 342.
Abietis 379.
abietis C 379.
abietum N. 340.
Abranis 209, 211, 214, 220.
Acanthocimus 281, 283, 284, 297.
 — *aedilis* 168, 278, 280, 284.
Accidium A. et S. 409.
acervorum M. 342.
adiposum C. 611, 613, 614.
Aedes 329, 330.
aedilis A. 168, 278, 280, 284.
aeneum C. 277, 280, 281.
aeneus M. 93, 609, 611, 616.
Aerolepia assectella 346.
Aeromyrmex 344.
Aethalion 344.
africanus C. 62.
agilis D. 375.
Agriion 346.
Alabama argillacea 93.
alba A. 358, 380, 381, 396.
 — S. 592, 600.
Alburnus lucidus 211.
allatum C. 567.
alpinus C. 593.
alternans I. 376.
altissimum S. 594, 600, 601, 603, 604, 606.
ambiguaella C. 274.
americana P. 95.
Aneurus avenius 377.
angasi T. 512.
Anobidae 343.
Anobium 282, 290, 291, 294.
 — *punctatum* 145, 173, 275, 278, 280, 285, 290, 292, 293, 301, 302.
 — *Thomsoni* 293.
Anopheles 304, 306, 307, 310, 311, 314, 316, 317, 318, 319, 322, 324, 325, 329, 330, 331, 332, 333.
 — *bifurcatus* 305, 324, 325, 330, 332.
 — *maculipennis* 180, 304, 305, 307, 313, 329, 332, 333.
 — *sine malaria* 304, 332.
Anopheles maculipennis atroparvus 332, 333.
 — *messae* 332, 333.
 — *typicus* 332.

Antestia 473, 474, 475, 476, 480, 481, 482, 484, 487, 488, 490, 492, 494, 495, 499.
Antestia faceta 473, 474, 478, 483, 498.
 — *lineacollis* 473, 474, 478, 480, 482, 486, 489, 498, 499.
antestiae C. 480, 487, 495, 497.
Anthaxia 279, 289.
Anthicidae 377.
Anthinus floralis 376.
Anthocoridae 377.
Anthonomus grandis 93, 372.
 — *pomorum* 95, 96.
Anthrenus 111.
 — *fasciatus* 133, 173.
Apis mellifica 343.
apis N. 175.
Aphiochaera xanthima 355.
Aphis gossypii 93.
Aporia crataegi 342.
 — *crataegi* 343.
aquatilis R. 315.
arabica C. 38, 474.
Arabis arenosa Scop. 594.
aratrise P. 345.
Aremeles 341.
arenosa A. 594.
argillacea A. 93.
argusta Sp. 88.
Argyresthia laevigatella 343.
armigera 93.
Armoracia lapathifolia Gilib. 602.
arvensis S. 600.
Asarum 376.
Asemum 281, 285, 296, 299, 300.
 — *striatum* 157, 277, 280, 284, 285, 298.
assectella A. 346.
atrata P. 375, 386.
atroparvus 305, 320, 322, 324, 328, 330, 332, 333.
auratus C. 209.
aurinia M. 258.
austeni G. 509, 511, 514, 519, 520, 522, 524, 534.
avenius A. 377.

B

bajulus H. 133, 135, 137, 139, 148, 167, 168, 172, 173, 174, 277, 280, 281, 285.
balsamea 358.
Barbaraea vulgaris R. Br. 600.
barbatulla C. 211.

barbatus S. 279, 285.
 Bateria incana D. C. 600, 601.
 Bethyidae 282.
 bifasciatum Rh. 278, 282, 284, 291, 296,
 300.
 bifurcatus A. 305, 322, 324, 325, 330.
 bimaculatus T. 84.
 bipunctatum T. 411.
 biselliella T. 133, 168.
 bisignata M. 604, 606.
 bistortata B. 500.
 Blitophaga opaca L. 455, 456, 457, 458,
 460, 461, 462, 464, 471, 472.
 Boarmica bistortata 500.
 bombyas N. 175.
 bornmülleriana 358, 381.
 Bostrichus curvidens 423.
 — pitigraphus 379.
 botrana P. 274.
 bovis H. 355.
 Bowringi C. 593, 608.
 Brachicaudus cardui 339.
 Braconidae 282.
 — I. 380.
 Brassica oleracea L. 592, 594, 600.
 — napus L. 594.
 — nigra (L.) Koch 600.
 — rapi L. 600.
 brassicae M. 79.
 — P. 343.
 brevicornis M. 375, 385.
 brevipalpis G. 509, 511, 514, 521, 522, 534.
 Bryobia praetiosa 84.
 Bupalus piniarius L. 36, 246, 257, 259, 260.
 Buprestidae 280, 289.
 buprestoides Sp. 277, 281, 282.
 Bursa copulatrix 537, 545, 547, 548, 549,
 568, 573, 574.

C

Caenoptera 281, 282, 297.
 — minor 278, 280, 283, 303.
 caffeina L. 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45,
 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56,
 57, 58, 59, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 75.
 Calandria granaria L. 93, 431, 438, 439,
 440.
 Callidium 280, 281, 284, 295, 299.
 — aeneum 277, 280, 281.
 — violaceum 277, 280, 288, 295.
 Calliphora erythrocephala 347.
 — vomitoria 335.
 Calopteryx 346.
 Calopus 280, 282, 287, 290, 292, 298.
 — serraticornis 279, 285.
 Calotermes flavicollis 101, 106, 115, 132.
 Camponatus conspicuus 344.
 — herculeanus 279, 583, 589, 590.
 — ligniperda 279, 289, 584.
 camponulae A. 345.
 canadensis E. 317, 600.
 Canthium 474.
 Caecocia murinana 258, 409.

Capsella bursa pastoris (L.) Medik. 600.
 capitatus P. 379, 386.
 capito D. 339.
 Carabidae 375.
 Carassius auratus 209.
 Carausius morosus 342.
 cardui B. 339.
 carnaria S. 335.
 carpinii T. 278, 293, 295.
 carpio C. 211.
 Carausius morosus L. 438, 560, 564, 581.
 Casta F. 347.
 Cecidostiba dendroctoni 379.
 Cedrus 358.
 cembrae S. 363.
 Cerabotherium simum 512.
 Cerambycidae 174, 296, 373.
 Cerambyx cerdo 168, 173, 174.
 cerdo C. 168, 173, 174.
 Ceutorhynchus napi 88, 92, 93.
 — picifarsis 500.
 — quadridens 88.
 chalcographus P. 380.
 Chalcophora Mariana 279, 284, 285, 289,
 295.
 Chalsididae 282, 342.
 Chalsidoidae 378, 379.
 cheiranthoides E. 594, 600, 601.
 Cheiridium museum 377, 386.
 Chelonethi 377, 386.
 Chionaspis salicis 259.
 Chironimus 225.
 Chittendeni D. 345.
 Chrysobothris 279.
 chrysocephala P. 93.
 Chrysom. Col. 341.
 Chrysomelinae 608.
 Chrysomyia macellaria 335.
 citri P. 84.
 Cladophora 317.
 Cleridae 376, 385, 386.
 Clerus formicarius 375, 376, 385, 386.
 cloacella T. 279, 282.
 Clysia ambiguella 274.
 Clytus 280.
 — lama 278, 284.
 Cobitis barbatula 211.
 Coccinell 88.
 Cochliomyia hominivorax 335.
 Codiosama 278.
 Coffea arabica 38, 474.
 coffeae O. 44.
 coffeella L. 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45,
 46, 47, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59,
 62, 66, 68, 75.
 coffeicola P. 62, 63, 76.
 Col. Chrysom 341.
 Colaphellus alpinus 593.
 — Bowringi 593, 608.
 — Hoefti 593.
 — sophiae Schall 591, 592, 593, 597, 598,
 599, 600, 601, 603, 604, 605, 606, 607.
 Colaspidema (Colaphus) sophiae 607.

Coleoptera 351, 375, 385, 607.
 — *Ipidae* 349, 386.
Conostigmus pusillus 377.
Contarinia torquens 92
copulatrix B. 537, 545, 547, 548, 549, 568.
Corethra 329.
coriarius P. 345.
Corioxenus antestiae 480, 487, 488, 490,
 495, 496, 497, 498.
Corpora lutea 537, 538, 554, 556, 557, 558,
 559, 560, 568, 577, 579, 580.
Corpus allatum 567.
 — *adiposum* 611, 613, 614.
corticalis P. 375, 386.
coryli N. 493.
Cossonus 278.
Costrococcus africanus 62.
Costia 221.
crastaegi A., L. 342.
crataegi A., L. 343.
Cr. piceae 365, 420, 426, 427.
Criocephalus 281, 284, 285, 291, 296, 299,
 300.
 — *polinicus* 277, 280, 283.
 — *rusticus* 277, 280, 283.
Cryphalus abietis 379.
 — *piceae* 384, 409, 420, 422.
 — *saltuarius* 379.
Cryptococcus fagisuga 377.
 — *pusillus* 378, 386.
Cucujidae 376.
Cucumis melo 88.
 — *sativus* 89.
Culex 317, 319, 329, 330.
 — *pipiens autogenicus* 230.
cuningi P. 65.
curvidens 346, 352, 355, 356, 357, 358, 359,
 362, 363, 364, 366, 369, 370, 372, 373,
 375, 376, 377, 378, 380, 382, 384, 385,
 387, 388, 390, 397, 398, 399, 400, 401,
 402, 403, 406, 407, 408, 409, 413, 414,
 417, 418, 419, 425, 426, 427, 428, 429.
 — B. 423.
 — P. 349, 350, 354, 356, 364, 367, 368,
 371, 378, 379, 410, 412, 415, 416, 420,
 421, 422.
 — (*Tomicus*) T. 423.
cyanoventris D. 335.
Cybolphalus politus 342.
Cyclopos 225.
Cydia pamonella L. 83.
Cylochaete 221.
Cyprimus carpio 211.
 — *orvus* 209.

D

daricella L. 38.
decemlineata L. 94, 96.
devidua L. 358, 381.
Dendrobium 280, 294, 300.
 — *pertinax* 278, 282, 285, 290, 292, 293.
dendroctoni C. 379.
Dendroctonus frontalis 379.

Dendroctonus micans 341.
Dendrolimus pini 20, 247, 259, 346.
depressa L. 346.
depressus Rh. 376, 385, 386.
Dermabobia cyanoventris 335.
Dermestes 279, 282, 291.
 — *lardarius* 302.
dermestoides H. 279.
Dialenrodes Chittendeni 345.
Diaptomus 225.
diniana S. 343.
Dinjapyx Marcusi 344
Diospilus capito 339.
Diprion pini 248, 341.
dispar L. 230, 246, 343.
Dixa 329.
dominica R. 86.
Dreyfusia 346.
 — *nüsslini* 347.
Dromius agitis 375.
Drosophila 230, 238, 255, 258.
 — *melanogaster* M. 260, 431, 436, 437, 438,
 440.
Drysates major 378.
dumicola O. 377, 386.
Dysodiidae 377.

E

Eccoptogaster Ratziburgi 380.
 — *scolytus* 380.
Eophylus hylesini 380, 386.
Elisabethae P. 346.
Elodea canadensis 317.
elongatus E. 288, 295.
elutella E. 168.
Enproctis phaeorrhoea 342.
Ephestia kuhniella 168, 169, 170, 259, 260.
 — *elutella* 168
Epilachna varivestis 88.
Equisetum 315.
Eremotes 278.
 — *elongatus* 288, 295.
Ergates 296, 297, 299, 300.
 — *faber* 146, 173, 277, 280, 281, 285, 297,
 302.
Erigeron canadensis L. 600.
Eripteris tarsalis Szep. 605, 606.
erithrocephala C. 347.
Ernobius 293, 294, 296.
 — *mollis* 278, 282, 284, 286, 294, 295
Erysimum cheiranthoides L. 594, 600, 601.
Euphorbia 296,
excelsa P. 355, 359.

F

faber E. 146, 173, 277, 280, 281, 285, 297,
 302.
fagi P. 343.
fagisuga C. 377.
fasciatus A. 133, 173.
feceta A. 473, 474, 477, 478, 480, 481, 483,
 484, 485, 498.

flabellicornis H. 279.
 flammea P. 247, 259, 260.
 flavicollis C. 101, 106, 115, 132.
 — K. 347.
 floralis A. 376.
 — M. 604.
 fluviatilis P. 211.
 Formica rufopratensis major 584.
 formicarius C. 375, 376, 385, 386.
 formicidae 377.
 frazeri 35.
 frontalis D. 379.
 fugax S. 345.
 Fumea Casta 347.
 Fungi imperfecti 409.
 fuscum T. 278, 303.

G

Gabrieli T. 278, 303.
 golloprovincialis M. 277, 280, 284, 299.
 Gastroidea viridula 342.
 Gastrophilus intestinalis 335.
 gigas S. 279, 280, 282.
 Glabratus H. 36.
 Glossina austeni 509, 511, 514, 519, 520, 521.
 — brevipalpis 509, 511, 514, 521, 534.
 — morsitans 510, 513, 515, 532, 533.
 — pallidipes 509, 511, 514, 516, 518, 519, 521, 533, 534, 535.
 — palpalis 510, 515.
 gossypii A. 93.
 — N. 493.
 Gracilia minuta 168, 174.
 gracilis T. 377.
 Gracillariidae-Tischeriidae 347.
 granaria C. 93, 431, 438, 440.
 grandis A. 93, 372.
 granella T. 279, 282.
 Grevillea robusta A. 475, 485.

H

Haematopota 535.
 Harpium 297.
 — inquisitor 278, 283, 284, 300.
 Hecabolinae 380.
 Heliethes absoletes 93.
 herculeanus C. 279, 583, 584, 587, 589, 600.
 heterodon 352, 357.
 — S. 423.
 Hieracium 439.
 hippocastani M. 538, 540, 541, 542, 543, 579, 581, 582.
 Histeridae 376, 386.
 Hoefti C. 593.
 hololeucus N. 279, 283.
 Homalota plana 375, 386.
 hominivorax C. 335.
 Hydrodictum 317.
 Hylecoetus 282, 285, 287, 290, 291.
 — dermestoides 279.
 — flabellicornis 279.

Hyles poligraphus 379.
 hylesini E. 380, 386.
 Hyletrupes 170, 171, 172, 281, 290, 296, 297, 299, 300.
 — bajulus 133, 135, 137, 139, 141, 148, 149, 153, 154, 157, 162, 164, 166, 167, 168, 172, 173, 174, 277, 280, 281, 285, 286, 291, 295, 296, 302, 303.
 Hylobius 421.
 Hylurgaps glabratus 36.
 Hym. Chalcididae 342.
 Hymenoptera 376, 379, 386.
 Hypoderma bovis 335.
 — lineatum 355.
 Hyponomeuta padellus 344.
 Hypophloeus linearis F. 386.

I

Ichneumonidae 282.
 Ichneumonoiden Braconidae 380.
 Ichthyophthirius 222.
 immissio penis 484.
 imperfecti F. 409.
 incana B. 600, 601.
 Insecta Rhynchota 174.
 intestinalis G. 335.
 inquisitor H. 278, 283, 284, 300.
 — Rh. 174.
 Iridae C. 349, 386.
 Iridides 423.
 Ips 315.
 — cembrae 363.
 — curvidens 346.
 — seydenatus 380.
 — (Tomicus) curvidens 423.
 — (Tomicus) heterodon 423.
 — (Tomicus) vorontzowi 423.
 — typographus L. 36, 340, 341, 343, 345, 346, 369, 379, 413, 421, 503.
 iridae T. 211.
 Iris 315.

J

juvencus P. 279.

K

Kaloterms flavicollis 347.
 künniella E. 169, 170, 186, 259, 260.

L

Lachnus (Pterochlorus) roboris 173.
 Laemophloeus alternans 376.
 laevigatella A. 343.
 lama C. 278, 284.
 lapathifolia A. 601.
 lardarius D. 302.
 laricivorus T. 343.
 Larix 358, 363.
 — decidua 358, 381.
 Lasius 279.
 Leach A. 342.
 lectularius C. 433, 430.

Lemna 312, 315.
lentus N. 376.
Lepidium ruderate L. 600.
— *sativum* 594.
Lepidoptera 347.
Lepisma saccharina 501.
Leptinotarsa decemlineata 94, 96.
Leptura 282, 297, 299, 300.
— *rubra* 277, 280, 281, 282, 285, 292, 296, 297, 299, 300.
Leucoptera 70, 72, 73, 75.
— *caffena* 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 75.
— *coffeella* 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 66, 75.
— *daricella* 38.
libanica 358.
Libellula *Melli* 346.
— *depressa* 346.
ligniperda C. 279, 289, 584, 587, 589.
linearis H. 376.
linearis L. 173.
lineaticollis A. 473, 477, 478, 480, 482, 484, 485, 486, 489, 498, 499.
lineatum H. 335.
lineatus X. 278, 285, 287, 289.
Locusta migratoria migratorioides 90.
lucidus A. 211.
luridum T. 278, 281.
lutea C. 360.
Lycia rorida 347.
Lycotus linearis 173.
Lymantria dispar 230, 246, 343.
— (*psilura*) *monacha* L. 36, 37, 141, 207, 244, 260, 343.

M

macellaria C. 335.
maculipennis 305, 306, 320, 324, 325, 328, 330, 332.
— A. 180, 304, 305, 307, 313, 329, 332, 333.
— P. 604.
Macrosiphum onobrychis 85.
magnifica W. 335.
major D. 378.
Malacosoma neustria 342.
malinellus 344.
Mallophage 342.
Mamestra brassicae L. 79.
Marcusi D. 344.
Mariana C. 279, 284, 285, 289, 295.
mauretanicus T. 86.
medius 378.
Megastigmus 342.
Meigenia bisignata 604, 606.
— *floratis* Fall 604.
— *mutabilis* Fall 604.
— *vulgaris* Baranoff 604.
melanogaster D. 260, 431, 436, 437, 438, 440.

melanura N. 279, 297, 302.
Meligethes 610, 613, 614, 615.
— *aeneus* F. 93, 609, 611, 616.
Melitaea aurinia 258.
Melittia cucurbitae 86.
Melli C. 346.
mellifica A. 343.
melo C. 88.
Melolontha hippocastani F. 538, 540, 541, 542, 543, 579, 581, 582.
— *melolontha* L. 538, 581, 582.
— *vulgaris* M. 537, 535, 540, 541, 543, 579, 581, 582.
melolontha M. 538, 581, 582.
Melolontha spec. 580.
Melophagus ovinus L. 431, 435, 438, 440.
Merisinae 378.
Mesochorella nigriceps (Brischke) 605, 606.
Metoponcus brevicornis 375, 385.
micans D. 341.
micrographus P. 380.
migratoria migratorioides L. 90.
minor C. 278, 280, 284, 303.
minuta G. 168, 174.
mollis E. 278, 282, 284, 286, 294, 295.
monacha L. 36, 37, 141, 207, 244, 260, 343.
Monochamus 284, 285, 289, 291, 300.
— *galloprovincialis* 277, 280, 284, 299.
— *sartor* 277, 280, 282.
— *sutor* 277, 280, 282, 303.
morosus C. 438, 560, 564, 581.
morsitans G. 510, 513, 515, 532, 533.
murinana C. 258, 409.
museorum C. 377, 386.
mutabilis M. 604.
Myelophilus piniperda 369.
Myrmecophila acervorum 342.
Myriophyllum 315.
Myrmica 341.
Myrmica ruginoides 377.
Myzus (*Mycodes*) *persicae* 340.

N

Nacerda 282, 287, 297, 298, 300.
— *melanura* 279, 285, 297, 302.
napi C. 88, 92, 93.
napus B. 594.
Nematospira 480, 493.
— *coryli* 493.
— *gossypii* 493.
Nematus abietum 340.
nemorum P. 86.
Nervus recurrens 567.
neustria M. 342.
nigra B. 600.
nigriceps M. 605, 606.
nigropunctata P. 474.
Niptus 282.
— *hololeucus* 279, 283.
Nitidulidae 376.
noetilio P. 279.

nordmanniana 358, 381.
 Nosema 175.
 — apis 175.
 — bombycis 175.
 nubilales 339.
 — P. 345.
 Nudobius lentus 376.
 nüsslini D. 347.

O

Obisium dumicola 377, 386.
 oblongus P. 88.
 obsoleta H. 93.
 Odonata 346.
 Oenophthira pilleriana 274.
 Oestrus ovis 355.
 officinale S. 600.
 oleracea B. 592, 594, 600.
 opaca B. 455, 456, 457, 458, 460, 461.
 462, 464, 471, 472.
 Orbis terrarum 423.
 orfus C. 209.
 orientalis P. 380, 381.
 Oscinis coffeae 44.
 ovis O. 355.
 ovinus M. 431, 435, 438, 440.

P

Pachyocera xylophagorum 376, 377, 378,
 379, 386.
 pacificus T. 84.
 Padellus H. 344.
 palpalis G. 510, 515.
 pallidipes G. 509, 511, 514, 516, 518, 519,
 521, 522, 524, 532, 533, 534, 535.
 pamonella C. 83.
 Pangonia 535.
 panolis flammea 247, 259, 260.
 Panz. rudis 454.
 parallelopipedus P. ?
 Parasarcophaga aratrix 345.
 Parasetigena segregata 36, 259, 344, 446,
 451, 453, 454.
 Paratetranychus pilotus 83, 84.
 — citri 84.
 Paromolus parallelopipedes 376.
 Paururus 280, 282.
 — juvenis 279.
 — noctilio 279.
 pectinata 358, 380.
 pectinicornis P. 278, 285, 292, 293.
 pellationella T. 169.
 penis i. 484.
 Perca fluviatilis 211.
 Periplaneta americana 95.
 persicae M. 340.
 pertinax D. 278, 285, 290, 292, 293.
 Phaenop 279.
 phaeorrhoea E. 342.
 Phaxolus 80, 88.

Phloeonomus pusillus 375, 376, 385, 386.
 Phloeopora corticalis 375, 386.
 Phragmitis 315.
 Phthorophloeus spinulosus 380.
 Phyllaphis fagi 343.
 Phylliodes chrysocephala 93.
 Phyllobius oblongus 88.
 Phyllotreta 341.
 — nemorum 86.
 Phymatodes 280, 284, 295, 299, 300.
 — testaceus 277, 280, 288.
 picae Cr. 384, 409, 420, 422.
 Picea excelsa 355, 359.
 — orientalis 380, 381.
 Pichta 358.
 picifarus C. 500.
 Pieris brassicae 343.
 pilleriana Sp. 180, 261, 273, 274.
 — O. 274.
 pilosus P. 83, 84.
 pinastri S. 259.
 pini De 20, 247, 259, 346.
 — Di. 248, 341.
 pinarius B. 36, 246, 257, 259, 260.
 piniperda M. 369.
 Pinus 358.
 — silvestris 358, 381.
 pipiens autogenicus C. 230.
 Pissodes 341, 425, 427, 430.
 pitiographus C. 379.
 Pityogenes chalcographus L. 380.
 Pityokteines curvidens 349, 350, 354, 355,
 364, 367, 368, 371, 378, 379, 380, 387,
 410, 412, 415, 416, 420, 421, 422.
 — spinidens 354, 357, 379, 380, 382, 383,
 420, 422.
 Pityokteines vorontzowi 349, 355, 356, 379,
 382, 420, 422.
 — 376, 378, 380, 409.
 Pityophthorus micrographus 380.
 — pubescens 380.
 Placusa atrata 375, 386.
 — tachyoides 375.
 plana H. 375, 386.
 Platipodidae 423.
 Plegaderus vulueratus 386.
 Plutella maculipennis Curt. 604.
 Polichrosis botrana 274.
 Poligraphus poligraphus 380.
 — rufipennis 379.
 poligraphus P. 380.
 — H. 379.
 polinicus C. 277, 280, 283.
 politus C. 342.
 pomorum A. 95, 96.
 Potamogeton 315.
 praetiosa B. 84.
 Prionus coriarius 345.
 proleptella A. 345.
 Promecothea cumingi 65.
 propria T. 553, 554, 557, 560.
 Psallus seriatus 93.
 Pselactis 278.

Pseudotsuga 358.
 — *taxifolia* 358, 381.
Psila rosae F. 85.
Psychidae 347.
Psychotria nigropunctata 474.
Pteromalus capitatus 379, 386.
 — *puparum* 343.
Pteronialidae 378, 379.
Ptilinus pectinicornis 278, 285, 292, 293.
 — 282, 291, 292, 294, 298.
Ptinus 279, 282, 283.
pubescens P. 380.
punctatum A. 145, 173, 275, 278, 280, 285,
 290, 292, 293, 301, 302.
puparum P. 343.
pusillus C. 377.
 — Cr. 378, 386.
 — P. 375, 376, 385, 386.
Pyransta 345.
 — *nubilalis* 339.
Pyrethrum 497.
Pyrrhosoma Elisabethae 346.

Q

quadridens C. 88.
quadrupes X. 373.

R

rapa B. 600.
raphanistrum R. 600.
Raphanus raphanistrum L. 600.
 — *sativus* L. 600.
Raphidia 375.
Ratzeburgi E. 380.
Receptaculum seminis 545, 547, 548, 549.
recurrens N. 567.
Rhagium 158, 282, 297, 303.
 — *bifasciatum* 278, 282, 284, 291, 296, 300.
 — *inquisitor* 174.
Rhaptocerus xylophagorum 377.
Rhipicephalus sanguineus 506.
Rhizoperth dominica 86.
Rhizophagidae 385, 386.
Rhizophagus depressus 376, 385, 386.
Rhynchata Insecta 174, 347.
Rhyncolus 278.
roboris L. 173.
robusta G. 475, 485.
Roptocerus 379.
 — *xylophagorum* 377.
rorida L. 347.
rubra L. 277, 280, 281, 282, 285, 292, 297,
 299, 300.
ruderales L. 600.
rudis 454.
rufimitrana S. 409.
rufipennis P. 379.
rufopratensis major F. 584.
rufovillosum X. 278, 282, 285, 292, 294.
ruginoides M. 377.
rusticus C. 277, 280, 283.
Rynchota 351.

S

saccharina L. 501.
salicis 259.
 — St. 340.
saltuarius C. 379.
sanguineus Rh. 506.
Saprolegnia 222.
Sarcophaga carnavia 335.
sartor M. 277, 280, 282.
sativum L. 594.
sativus C. 88.
 — R. 600.
segregata P. 36, 259, 344, 446, 451, 453,
 454.
Semasia diniana 343.
 — *rufimitrana* 409.
seminis R. 545, 547, 548, 549.
seriatus P. 93.
sericata L. 335.
serraticornis C. 279, 285.
Serropalpus 280, 282, 287, 292, 293,
 298.
 — *barbatus* 279, 285.
sexdentatus I. 380.
sexmaculatus T. 84.
sibirica 358.
 — A. 342.
Silphini 472.
silvestris P. 358, 381.
simum C. 512.
Sinapis alba L. 592, 600.
 — *arvensis* L. 600.
sinapistrum S. 600.
sine malaria A. 304, 332.
Sisymbrium altissimum L. 594, 600, 601,
 603, 604, 606.
 — *Loeselii* L. 594, 596, 598, 600, 601, 603,
 604, 606.
 — *officinale* (L.) Scop. 600.
 — *sinapistrum* Crantz 600.
 — *Sophia* L. 600, 601.
Sirex gigas 279, 280, 282.
Solenopsis fugax 345.
sophia C. 591, 592, 593, 597, 599, 600, 601,
 603, 604, 605, 606, 607.
Sophia S. 600, 601.
Sparganthis pilleriana 180, 261, 273, 274.
spec. T. 335.
spectrum X. 279, 282.
spinidens 349, 352, 354, 355, 357, 358, 373,
 380, 381, 382, 384, 385, 386, 387, 388,
 397, 398, 399, 400, 401, 402, 409, 426,
 429.
spinidens P. 354, 357, 379, 380, 382, 383,
 386, 420, 422.
Spinulosus P. 380.
Sphinx pinastri 259.
Spiraea arguta 88.
 — *thunbergi* 88.
Spirogyra 317.
Spondylis 296, 297, 299, 300.
 — *buprestoides* 277, 281, 282.
Staphylinidae 375, 376, 385, 386.

Stilpnotia salicis 340.
striatum A. 157, 277, 280, 284, 285.
strobis 358.
sutor M. 277, 280, 282, 303.

T

tabaci T. 500.
Tabanus 535.
Tachina spec. 335.
Tachinidae 345.
tachyperiodes P. 375.
Taeniothrips laricivorus 345.
tarsalis E. 605, 606.
taxifolia P. 358, 381.
telarius T. 84.
Temnostethus gracilis 377.
Tenebrionidae 386.
Tenebrioides mauretanicus 86.
terrarium O. 423.
testaceus P. 277, 280, 288.
Tetranychus bimaculatus 84
 — *pacificus* 84.
 — *sexmaculatus* 84.
 — *telarius* 84.
Tetropium 280, 281, 283, 297, 300.
 — *fuscum* 278, 303.
 — *Gabrieli* 278, 303.
 — *luridum* 278, 281.
Thomson A. 293.
Thrips tabaci 500.
thunbergi Sp. 88.
Timoidae 347.
Tinea vulgaris 211.
Tinea cloacella 279, 282.
 — *granella* 279, 282.
 — *pellionella* 169.
Tineola 167.
Tischleriidae G. 347.
Tomicus 423.
torquens C. 92.
Tragelaphus angasi 512.
Tremex 148.
Trichodectoidea 342.
Tripopithys 282, 300.
 — *carpini* 278, 293, 295.
Trutia iridea 211.
T. brucei 514.

T. congolensis 514.
T. vivax 514.
Tunica propria 553, 554, 557, 560.
typicus 305, 322, 325, 328, 330, 332.
typographus I. 340, 341, 343, 345, 346, 369,
 370, 374, 376, 379, 390, 409, 413, 420,
 427, 503.

U

urtillae V. 340.

V

Valesneria 317.
Valesneria urtilae 340.
varivestis E. 88.
Vertebrata 378.
violaceum C. 277, 280, 288, 295.
viridula G. 342.
vomiboria C. 355
vorontzowi 352, 355, 356, 358, 377, 380,
 381, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 397,
 398, 399, 400, 401, 402, 409, 427, 428,
 429, 430.
 — I. 423.
 — P. 349, 355, 356, 379, 382, 420, 422.
vulgaris B. 600.
 — *Meigenia* 604.
 — M. 537, 538, 540, 541, 543, 579, 581,
 582.
 — T. 211.
vulneratus P. 386.

W

Wohlfartia magnifica 335.

X

xanthima A. 355.
Xeris spectrum 279, 282.
Xestobium 280, 293, 294, 300.
 — *rufovillosum* 278, 282, 285, 292, 294.
Xilocopa 279.
xylophagorum P. 376, 377, 378, 379, 380.
 — Rh. 377.
 — R. 379.
Xyloterus 287, 291,
 — *lineatus* 278, 282, 285, 290, 419.
Xylotrechus quadripes 373.

I. A. R. I. 75.

INDIAN AGRICULTURAL RESEARCH
INSTITUTE LIBRARY,
NEW DELHI.

Date of issue	Date of issue	Date of issue

GIPN—S₄—34 I. A. R. I. 56.—22-4-57—4,000.